UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN (SONIDO E IMAGEN)

UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

"Desarrollo de materiales didácticos audiovisuales sobre Audio Digital de Alta definición y Envolvente"

EJERCICIO FIN DE CARRERA

AUTOR:
José Manuel Romero Catalá

DIRIGIDO POR:
D. José Javier López Monfort

GANDIA, 2004

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

QUALIFICACIÓ DE PROJECTE FI DE CARRERA
CALIFICACIÓN DE PROYECTO FINAL DE CARRERA

ALUMNO/A:

TITULO:

TUTOR/A:

PONENTE:

El Tribunal Calificador del Ejercicio Final de Carrera, tras la defensa del alumno, ha decidido otorgar la calificación de:

.....

Grao de Gandia, _____ de _____ de _____

EL PRESIDENTE	**EL SECRETARIO**	**EL VOCAL**
Fdo.:	***Fdo.:***	***Fdo.:***

Índice

Capítulo 1. Introducción y Objetivos.....13

1.1 Introducción y Objetivos del Proyecto.....13

1.1.1 Revisión y documentación de los formatos de Audio de Alta definición y Envolvente.....13
1.1.2 Producción de 4 Cortos documentales y tutoriales sobre los temas tratados en el apartado 1.1.1.....13

1.2 Plan de Trabajo.....14

1.3 Estructura del Proyecto.....15

Capítulo 2. Formatos digitales de Audio de Alta Definición.....17

2.1 Introducción.....17

2.1.1 El Concepto de sonido.....17
2.1.2 El origen y fundamentos de la grabación del sonido.....18
2.1.3 Sistemas analógicos frente a sistemas Digitales.....21
2.1.4 La Grabación digital del sonido.....21

2.2 Los Orígenes. El CD Audio.....25

2.2.1 Historia del nacimiento del disco compacto o CD.....25
2.2.2 ¿Por qué redondo? 28
2.2.3 ¿Qué es un disco compacto? 28
2.2.4 Medidas y esquema de un CD. 29
2.2.5 Las Pistas. 29
2.2.6 Grabación de un CD 31
2.2.6.1 Mastering..... 31
2.2.6.2 Replicación. 33
2.2.7 Proceso de lectura de un CD.....35
2.2.7.1 Componentes de un lector de CD.....35
2.2.7.2 Pasos que sigue el cabezal para la lectura de un CD.....36
2.2.8 El CD-A, o disco de audio. (Red Book).....37
2.2.8.1 El formato en que se encuentra plasmado realmente el sonido en un CD..... 37
2.2.8.2 Bits de paridad. 38
2.2.8.3 Intercalación o entrelazado..... 39
2.2.8.4 CIRC, o código REED-SOLOMON 40
2.2.8.5 Ocultación: Interpolación y silenciación. 40
2.2.8.6 La modulación de ocho a catorce bits (EFM). 41
2.2.8.7 Bits de fusión o "merge bits". 42
2.2.8.8 IEC - 908 Red Book. El formato en sí..... 42

2.2.8.9 Creando una trama. 43
2.2.8.10 ¿Cómo sabemos en que pista nos encontramos, o cuanto dura una canción? 45
2.2.8.11 Modos de Control 46
2.2.9 Los Libros del CD.....48
2.2.9.1 Libro Rojo..... 48
2.2.9.2 Libro Amarillo 49
2.2.9.3 Libro Verde.....50
2.2.9.4 Libro Naranja.....50
2.2.9.5 Libro Blanco 52
2.2.9.6 Libro Azul.....53

2.2.10 Avances aplicados al CD-A.....55
2.2.10.1 XRCD.....55
2.2.10.2 HDCD.....56

2.3 El Super Audio CD.....59
2.3.1 Introducción.....59
2.3.1.1 Especificaciones Técnicas Requeridas.....61
2.3.1.2 Resumen de las tecnologías utilizadas en el SACD 63
2.3.2 Formatos.....63
2.3.3 El Disco Híbrido.....63
2.3.3.1 Densidad.....66
2.3.3.2 Márgenes.....66
2.3.3.3 Reflexividad de las Capas.....70
2.3.3.4 Método de Fabricación.....70
2.3.3.5 Dimensiones Mecánicas.....72
2.3.4 El DSD (Direct Stream Digital).....73
2.3.5 El SBMD (Super Bit Mapping Direct).....79
2.3.6 El DST (Direct Stream Transfer).....81
2.3.7 Formato del sector, corrección de errores y Mod. del Canal 84
2.3.7.1 Sector de Datos.....85
2.3.7.2 Corrección de Errores (bloque ECC).....85
2.3.7.3 Sector de Grabación.....87
2.3.7.4 Sector Físico.....87
2.3.7.5 Modulación del Canal.....88
2.3.7.6 Supresión de las bajas frecuencias.....89
2.3.7.7 Área Inicial o Preliminar.....90
2.3.7.8 Organización de los datos.....91
2.3.7.9 Método de Acceso.....93
2.3.7.10 Estructura TOC.....93
2.3.7.11 Sistema de Ficheros.....93
2.3.7.12 Pistas de Sonido.....94
2.3.8 Watermarking Digital.....95
2.3.8.1 El PSP y la Reducción del Jitter.....96

2.4 El DVD Audio 98

2.4.1 el formato DVD.....98
2.4.1.1 Introducción.....98

2.4.1.1.1 Aplicaciones del DVD.....98
2.4.1.1.2 Características del DVD.....99
2.4.1.1.3 Historia del DVD 100
2.4.1.2 Especificaciones Físicas del DVD.....102
2.4.1.2.1 Estructura del DVD.....104
2.4.1.2.2 Bloque RSPC.....105
2.4.1.2.3 Área BCA 105
2.4.1.2.4 Protección contra la copia.....106
2.4.1.3 Diseño de discos DVD y Formatos.....107
2.4.1.4 Formatos híbridos 109
2.4.1.5 Sistema de Ficheros del DVD.....110
2.4.1.5.1 Estructura de Directorios.....110
2.4.1.6 DVD Forum y DVD FLLC.....111

2.4.2 La extensión DVD-Audio.....115
2.4.2.1 Especificaciones DVD-Audio.....115
2.4.2.1.1 Estructura de un disco DVD-Audio.....115
2.4.2.1.2 Grupos y Pistas.....116
2.4.2.1.3 Discos DVD-Audio y Reproductores.....116
2.4.2.2 Codificación del Audio.....117
2.4.2.2.1 Grupos de Canales 118
2.4.2.2.2 El MLP.....119
2.4.2.3 Contenidos adicionales.....123
2.4.2.3.1 Imágenes Fijas.....123
2.4.2.3.2 Secuencias de Video.....124
2.4.2.3.3 Texto.....124
2.4.2.3.4 Características interactivas.....124
2.4.2.4 Protección de Copia.....125
2.4.2.4.1 Protección de Copia Digital.....125
2.4.2.4.2 Watermarking.....125

2.5 SACD contra DVD audio.....126

2.5.1 Reproductores.....126
2.5.6.1 Reproductores SACD.....126
2.5.6.2 Reproductores DVD-Audio.....126
2.5.6.3 Reproductores Multiformato.....126
2.5.2 Sistemas de Sonido Envolvente 127
2.5.3 Títulos.....127
2.5.3.1 Títulos DVD-Audio.....127
2.5.3.2 Títulos SACD.....127
2.5.4 DVD contra SACD 129
2.5.5 DSD contra PCM 131
2.5.6 Batalla de formatos.....131

Anexo1 Códigos ISRC y SID.....133
A1.1 El ISRC (International Standard Recording Code).....133
A1.1.1 Antecedentes.....133

A1.1.2 Alcance y Objetivos.....133
A1.1.3 Descripción del ISRC.....133
A1.1.4 Funciones y Contenidos del ISRC.....134
A1.1.5 Implementación del ISRC.....135
A1.1.6 Codificación del ISRC.....137
A1.1.7 Ventajas del ISRC.....137
A1.2 El SID (Source Identification) 137
A1.2.1 Antecedentes.....137
A1.2.2 Recomendaciones.....138
A1.2.3 Estandars de Código SID.....138
A1.2.3.1 General.....138
A1.2.3.2 Disco Formato CD.....141
A1.2.3.3 Discos de Alta Densidad.....142

Capítulo 3. Sonido Envolvente 144

3.1 Del Sonido al Cine 144

3.2 Dolby Digital.....144
3.2.1 Historia de los laboratorios Dolby.....144
3.2.2 Canales.....146
3.2.3 En el Cine.....147
3.2.4 Tiempos de Retraso.....148
3.2.5 Control del Rango dinámico.....149
3.2.6 Modos y Bit-Rates.....149
3.2.6.1 Dolby Digital Surround EX.....151
3.2.7 La Codificación del dolby Digital 151
3.2.8 Implantación 152

3.3 DTS.....153
3.3.1 Introducción.....153
3.3.2 Canales.....154
3.3.3 En el cine.....154
3.3.4 modos y Bit-Rates.....155
3.3.4.1 DTS ES.....156
3.3.5 La codificación del DTS 157
3.3.6 Una nueva propuesta. El CD DTS.....158

3.4 SDDS.....159
3.4.1 Introducción.....159
3.4.2 En el cine.....160
3.4.3 SDDS 8 Canales Reales.....161
3.4.4 La codificacióndel SDDS..... 161
3.4.5 El equipo SDDS 162
3.4.6 Trailers SDDS 163

3.5 MPEG-2 Multicanal.....164

3.6 THX.....166

3.6.1 Introducción.....166
3.6.2 Home THX 166
3.6.3 Criterios técnicos para certificación THX 167
3.6.5 Criterios técnicos y ambientales para certificación THX.....171
3.6.6 Componentes THX certificados en Verano 2004 174
3.6.7 Homologación y Revisión de los sistemas THX 180

3.7 La Tecnología del Sonido en las salas cinematográficas españolas.....187

3.8 El Sonido en las salas IMAX 193

3.9 Edición doméstica de Audio multicanal 198

Capítulo 4 Producción de los Documentales 206

4.1 Elección de los temas 206
4.2 Selección del Material 206
4.3 Hardware Empleado.....206
4.4 Software Empleado.....207
4.5 Descripción del desarrollo de la Producción 207
4.6 Descripción de los Documentales 208
4.6.1 Tecnología SACD 208
4.6.2 Tecnología DVD-Audio 208
4.6.3 SACD vs DVD-Audio 208
4.6.4 Sonido Envolvente. Doméstico y profesional (cines) 208

Bibliografía.....209

Conclusiones.....211

Capítulo 1. Introducción y Objetivos

1.1 Introducción y Objetivos del Proyecto

Los objetivos de este proyecto los podemos clasificar en dos grupos:

- Revisión y documentación de los formatos de Audio de Alta definición y Envolvente.
- Producción de 4 documentales tutoriales sobre los temas anteriores

1.1.1 Revisión y documentación de los formatos de Audio de Alta definición y Envolvente.

En esta primera parte del proyecto se ha querido revisar y documentar los últimos sistemas de audio digital de alta definición así como los nuevos formatos de sonido envolvente. En la primer parte se empieza revisando el origen del CD y su evolución a lo largo de los años para continuar con los avances en los productos y las nuevas tecnologías aplicadas al formato, caso de los sistemas de dithering, noise shapping y el HDCD. Posteriormente se tratan los nuevos formatos de audio de alta definición y reciente puesta en escena, SACD (1999) y DVD audio (2000), y que día a día, avanzan rápidamente en un combate mediático para ver cual de los dos se pone al frente como sustituto del CD o como referente en lo que a reproducción sonora High-End se refiere.

En cuanto al sonido envolvente también hemos vivido un auge increíble en los últimos 5 años, desde el nacimiento del DVD, el mundo del home- cinema ha ido creciendo hasta un nivel en el que ya quedan muy pocos hogares que no dispongan de un sencillo sistema 5.1. La demanda sube, los precios disminuyen y el sector crece de forma desmesurada, aparecen nuevos formatos como el 7.1. y se esperan avances revolucionarios. Los sistemas Dolby Digital y DTS avanzan rápidamente para situarse en posiciones mas privilegiadas y anuncian sus próximos lanzamientos. De igual modo se ha querido mostrar la diferencia entre todos estos sistemas de home-cinema y sus homólogos y referentes en las salas cinematográficas: como se reproducen, la tecnología que utilizan. En este apartado también podremos ver como funciona el imperio THX, referente en organismos normalizadores privados, un inteligente y fructífero negocio de George Lucas dentro del mundo de la reproducción cinematográfica y rodeado de un marco legal infranqueable.

Todo ello ha sido una tarea ardua y difícil, en cuanto se ha tenido que buscar información que ni siquiera los propios fabricantes hacen pública, como en el caso del HDCD. Adaptarlo todo al castellano con la dificultad en términos técnicos y tecnológicos que ello requiere. La intrusión en mundos con entorno de “secretismo” comercial, como el THX. Así como la organización y selección de la infinidad de material disponible.

1.1.2. Producción de 4 Cortos documentales y tutoriales sobre los temas tratados en el apartado 1.1.1.

Como parte didáctica del proyecto se han realizado 4 videos documentales siguiendo unos criterios pedagógicos esenciales para poder plasmar de una forma sencilla y amena, tecnologías novedosas y complejas como el SACD o DVD-Audio. Se ha relatado la lucha de ambos formatos para situarse como nuevos estándares de alta definición y por último, como referencia al apartado de sonido envolvente, se ha tratado el funcionamiento del audio dentro del mundo cinematográfico y sus salas, comparándolo con los instaurados sistemas home-cinema. Se ha prestado atención en mostrar la complejidad que existe en las salas cinematográficas con multitud de aparatos y procesadores, así como la sencillez y simplicidad inherente a los sistemas de entretenimiento en el hogar.

La producción no ha resultado sencilla, ya que la mayoría del material a representar es inherentemente técnico y debía ser tratado, resumido y esquematizado, en imágenes, video y audio, para que todo espectador asimile los aspectos a tratar. Puede ser visionado tanto por el espectador especializado, que puede comprender mejor algunos temas como los codificadores o compresores, y el no especializado, pudiendo llevarse una imagen genérica del funcionamiento de tecnologías complejas, caso del SACD.

1.2 Plan de Trabajo

El desarrollo del proyecto se ha realizado en varias fases.

En primer lugar se ha buscado toda la información posible sobre los temas ha tratar, rastreando la red, consultando libros, documentos técnicos, normas y estándares, pidiendo información a empresas, fabricantes, organismos normalizadores, etc.

En segundo lugar se ha seleccionado, organizado, adaptado al castellano (ya que el 90% de la información estaba en ingles), y redactado, creando la memoria provisional.

La tercera fase incluye la selección y búsqueda del material, tanto hardware como software, para realizar los documentales, adaptación y creación de los mismos. (el complejo proceso de creación de los mismos se describe en un capítulo aparte)

La cuarta fase del proyecto ha sido actualizar y revisar todos los datos obtenidos en un primer momento, ya que aspectos del SACD, DVD-Audio o sonido envolvente, han avanzado desde que se comenzó la primera parte del proyecto.

Como última parte se ha revisado todo el material textual y gráfico que incorpora el ejercicio final, así como el trabajo del tutor para dar fe de que todo el material y contenido es el óptimo para la presentación final del proyecto.

1.3 Estructura del Proyecto

La memoria del proyecto comienza con este capítulo 1 de introducción y objetivos.

A continuación, en el capítulo 2 se realiza un repaso histórico del CD así como sus mejoras y evoluciones, para continuar con los formatos de digitales de alta definición, DVD-audio y SACD.

En el capítulo 3 se realiza un estudio pormenorizado de todos los sistemas de sonido envolvente digitales, comentando sus similitudes y diferencias, así como sus variantes para empleo en salas de cine o en el hogar.

Por último en el capítulo 4 se comentan los aspectos técnicos de cómo se han realizado los 4 videos documentales que se incluyen en este proyecto. En ellos se han seguido siempre criterios pedagógicos y se han empleado tecnologías novedosas de edición.

Capítulo 2. Formatos digitales de Audio de Alta Definición

2.1 Introducción

2.1.1 El concepto de sonido.

"El sonido es el efecto producido por el desplazamiento de presión en la superficie de un objeto". Parece sencillo, pero esa era la definición de la física. Para algunos, el sonido sólo existe si hay alguien para escucharlo (filósofos principalmente)…"Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire."

Es decir, que el sonido es según la física el efecto que se produce al mover las partículas de un objeto, según la otra versión, el efecto que produce nuestro oído al vibrar la membrana de este órgano, cuando las moléculas de aire (o de agua, cuando estamos debajo del agua, por ejemplo) o cualquier otro material elástico en contacto con nuestro tímpano o el de un ser o sistema con la capacidad de captar estas vibraciones, se mueven (contraen o expanden) en forma de vibraciones o ondas.

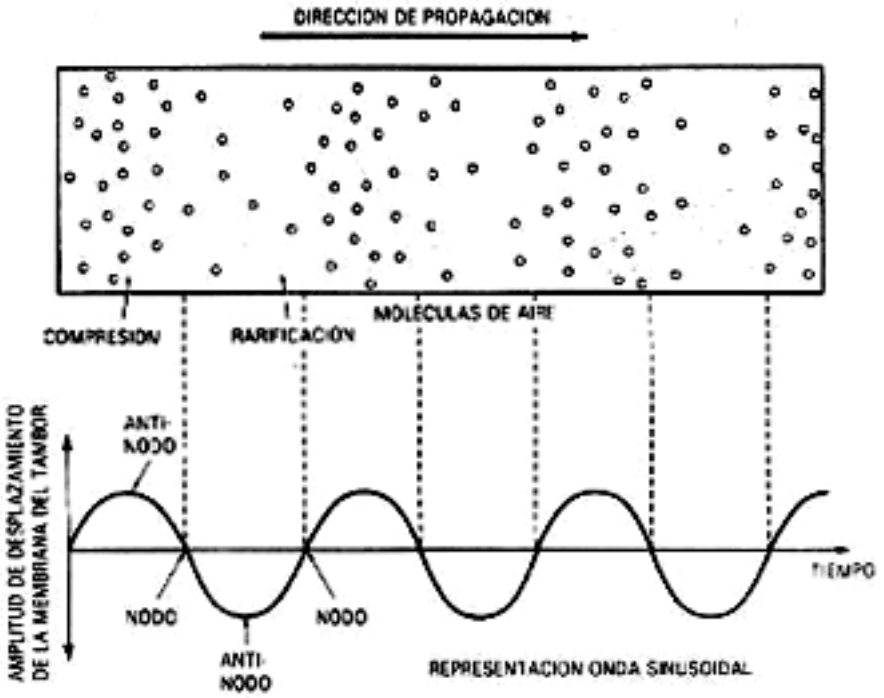


Fig. 1.1. Propagación del sonido. (*Fuente: Ken Pohlmann, Principles of Digital Audio,*

Un ejemplo de señal de sonido es la sinusoidal, que es matemáticamente lo más parecido a una membrana de tambor vibrando sin atenuación. Cuando golpeas la membrana de un tambor lo que haces es comprimir el aire del interior, lo que hace que luego se descomprima y se vuelva a comprimir, si no hubiera fricción estaría vibrando eternamente, pero en la realidad cada vez va

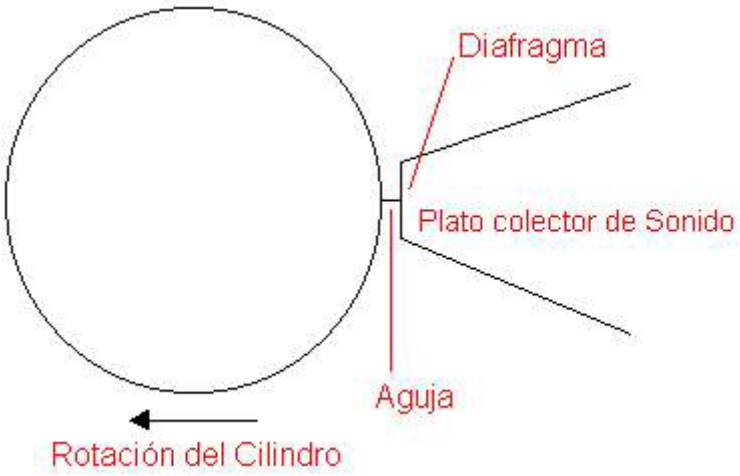
más lento (un ejemplo muy visual es ver vibrar las cuerdas de la guitarra) Si dibujáramos en una recta este efecto, aparecería una señal sinusoidal con una pequeña atenuación. Si nos fijamos en ella nos daremos cuenta de sus dos características principales: la amplitud, o intensidad de la señal, y la frecuencia, o tiempo que invierte la onda sinusoidal en completar un ciclo completo. Basándonos en el ejemplo anterior, la amplitud del sonido de un tambor vendría dada por el tamaño del mismo (de su membrana), cuanto más grande la distancia entre cuando este lo mas dentro del tambor, o lo más alejado del mismo es la amplitud, y la frecuencia seria el número de veces por segundo que la membrana "sube y baja" (esto se puede regular en un tambor tensando o destensando la membrana, igual que cuando tensas las cuerdas de la guitarra que aumenta también la frecuencia) Si la onda sinusoidal se repite 10 veces por segundo, se dice que la onda posee una frecuencia de 10 ciclos por segundo, o más científicamente una frecuencia de 10 **hertzios.**

La frecuencia es la encargada de que oigamos un sonido grave o otro agudo. Nosotros los humanos somos capaces de escuchar entre 20 y 20.000 hercios (entre 20 y 20.000 vibraciones por segundo), aunque estamos hablando de límites, las personas normales suelen ser un poco inferiores, además con la edad estos límites van acortándose con la edad, disminuyendo hasta los 15.000 hercios o menos. Es por eso que estos límites se toman basándonos el rango de audición de los niños.

2.1.2 El origen y fundamentos de la grabación del sonido.

La posibilidad de repetir el mismo sonido una y otra vez, es algo muy reciente en la historia de la humanidad. No fue hasta 1877 cuando Thomas Edison inventó el primer dispositivo capaz de grabar sonidos. El intento de la humanidad por reproducir sonidos se remonta a los tiempos de los griegos, cuando empezaron a escribir en papel signos que representaban notas para que cualquier persona pudiera reproducir una canción (una especie de formato MIDI) Más adelante se perfeccionaron las partituras, y hubo gente que inventó complicadas máquinas con instrumentos musicales que tocaban unas cuantas melodías (el formato MOD) Y al fin Edison consiguió grabar en formato WAV.

Thomas Edison pasó cinco días y cinco noches perfeccionando su fonógrafo, un gramófono que empleaba cilindros para grabar. El fonógrafo era sólo uno de sus múltiples proyectos. Edison patentó más de 1.000 inventos a lo largo de su vida.



Entre sus millares de inventos es muy conocido la historia respecto al fonógrafo, se dice que jugueteando, cantaba ante la bocina transmisora de un teléfono y se pincho un dedo con la punta de una aguja, que formaba parte de uno de los antiguos transmisores, cuando todavía vibraba con el sonido de su voz, Edison se pregunto si no seria capaz de grabar el sonido de su voz, haciendo que las vibraciones de esa punta, en vez de cosquillear su dedo, picaran una sustancia blanda y plástica. Diseño modelos, y sus ayudantes trabajaron febrilmente, y pronto estuvo delante de él un curioso aparato con un cilindro, una manija y una bocina, era el primer fonógrafo. El invento usaba un mecanismo muy simple para almacenar una onda análoga mecánicamente. En el fonógrafo de Edison, un diafragma controlaba directamente una aguja, y la aguja escribía una señal análoga en un cilindro de lámina de Estaño:

Se hablaba en el dispositivo de Edison, mientras el cilindro rotaba, y la aguja "grababa" lo que decía en el estaño. Esto significaba, que mientras el diafragma vibraba, la aguja también, y esas vibraciones eran plasmadas en el Estaño. Para reproducir el sonido otra vez, la aguja se movía sobre la ranura hecha durante la grabación. Durante la reproducción, las vibraciones plasmadas en el Estaño hacían que la aguja vibrara, haciendo que el diafragma vibrara y reprodujera sonido. Este sistema fue mejorado por Emil Berliner en 1887 para producir el gramófono, que fue también un dispositivo puramente mecánico que usaba una aguja y un diafragma. La mayor mejora del gramófono fue el uso de discos con una ranura en espiral.

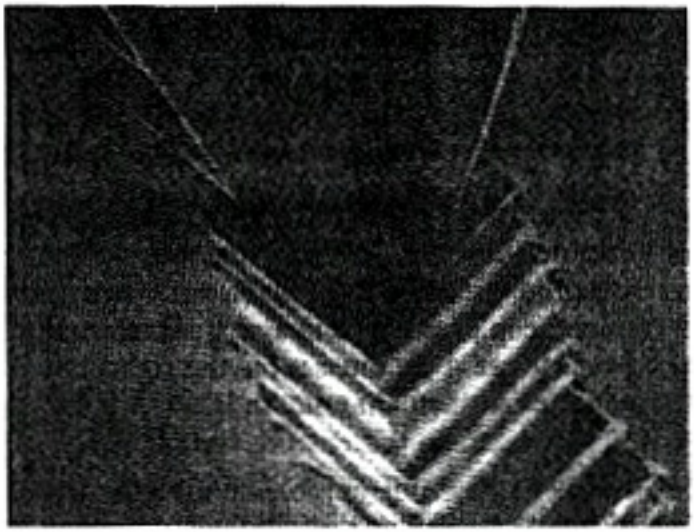
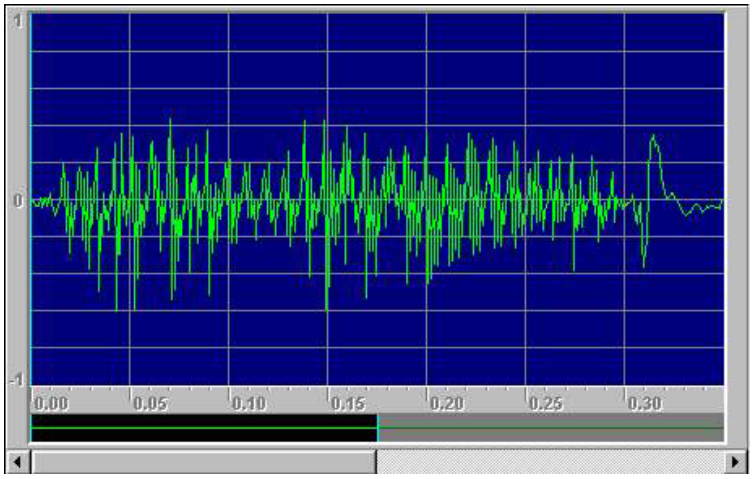


Fig. 1.7. Aguja de reproducción en un surco estereofónico. (*Cortesía de Stanton Magnetics, Inc. Fuente: Glen Ballou,* Handbook for Sound Engineers, *p. 887*).

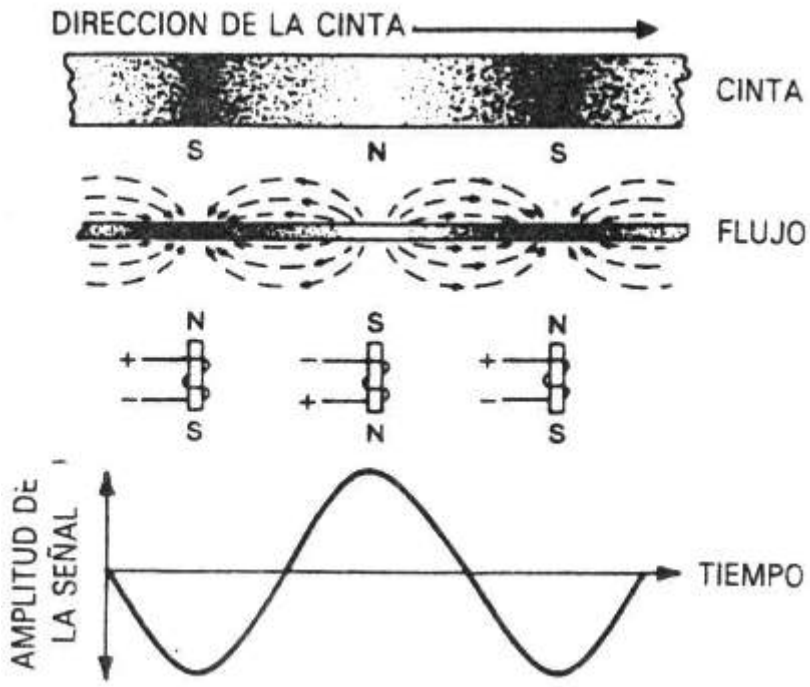
El fonógrafo moderno trabaja de la misma forma, pero las señales leídas por la aguja son amplificadas más bien electrónicamente que directamente con

un diafragma mecánico. Como se puede ver en la foto de la izquierda, la aguja sigue un camino de surcos que la hace vibrar, estas vibraciones se transmiten a la membrana que mueve el aire produciendo sonido.



Pero, ¿qué es, exactamente lo que la aguja "rascaba" en el cilindro de Estaño del fonógrafo?. Es una onda análoga que representa las vibraciones que la voz crea. Por ejemplo, he aquí una gráfica que muestra la onda análoga como resultado de decir "hello":

Esta forma de onda fue grabada electrónicamente, pero el principio es el mismo. Lo que esta gráfica muestra es, esencialmente, la posición del micrófono del diafragma (eje Y)en función del tiempo (eje X) Las vibraciones son muy rápidas, el diafragma está vibrando con una velocidad de alrededor de las 1000 oscilaciones por segundo de un lado a otro. Esta es la clase de onda plasmada en el cilindro de Estaño de Edison. Fijaros que la forma de onda de la palabra "hello" es muy compleja si la comparamos con la señal sinusoidal del tambor de cuando explicábamos lo que era el sonido.



Esta foto no tiene el disco compacto, pero es el sistema de grabación magnético. Este dibujo explica muy bien como se guarda en una cinta recubierta de partículas electro sensibles la señal sonora. Pues, con esta foto, se puede entender como funcionan todos los dispositivos de grabación magnética.

2.1.3 Sistemas digitales frente a sistemas analógicos.

Creo que es importante recordar antes de todo porque se pasó de sistemas analógicos de sonido, circuitería, etc. , a los actuales digitales.

Las señales y los sistemas analógicos tienen la propiedad de toda señal analógica de tomar infinitos valores, y responder de manera distinta para cada valor dentro de ese rango infinito. Esto era un verdadero problema, por lo que antes de sacar al mercado un producto debían hacerle muchísimas pruebas, y comprobar que funcionaría bien en todos los rangos posibles y con todos los posibles factores extraños. Esto era muy costoso. Sin embargo los sistemas digitales sólo pueden tomar dos tipos de valores, 0 o 1. Por lo que cuando quieres realizar las pruebas deberás de comprobar sólo estos dos valores. El único punto crítico es el cambio de 0 a 1, que es un problema más pequeño que el que teníamos con los analógicos. Además ante cambios de temperatura o interferencias, es mucho más fácil corregir un error en señales digitales, que en señales analógicas.

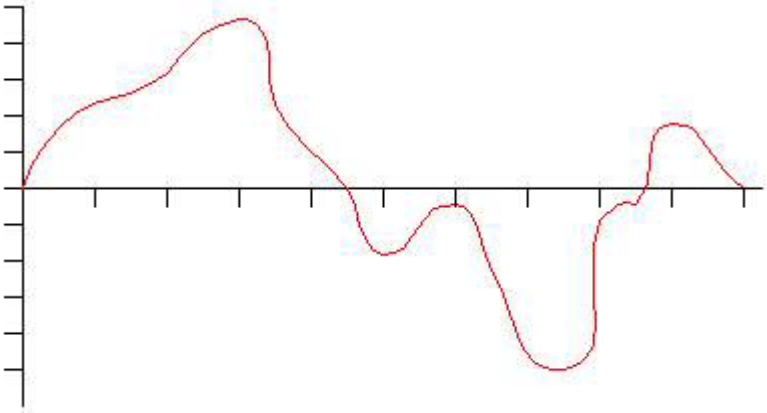
Los sistemas óptico-digitales de sonido tienen además la ventaja de que es muy difícil que pierda calidad de una reproducción a otra, cosa que pasa muy fácilmente con la tecnología analógica.

El CD y fue desarrollado por Philips y Sony a principios de los 80. Cuando los CD's fueron introducidos al mercado, su único propósito era almacenar música. Para entender cómo funciona un CD, primero necesitamos saber cómo funciona la grabación y reproducción analógica, las diferencias entre medios analógicos y digitales, y como funciona la grabación digital, todo con el fin de entender la re-creación del sonido. Luego ya podremos hablar del formato concreto de los discos compactos de audio, CD-A.

2.1.4 Grabación digital.

En un CD (y en cualquier tipo de tecnología de grabación digital) la meta es crear una grabación con una calidad muy alta (muy alta similitud entre la grabación original y la reproducida) y perfecta reproducción (la grabación debe sonar igual cada vez que se coloque y no importa cuántas veces sea) Para lograr estas metas, la grabación digital convierte la onda análoga en una combinación de números y graba los números en lugar de la onda. La conversión es hecha por un dispositivo llamado convertidor análogo-digital (ADC), el cual ya fue presentado en los componentes del lector de CD. Para reproducir la música, el conjunto de números es convertido a una onda análoga por un convertidor digital-análogo (DAC) La onda análoga producida por el DAC es amplificada y llevada a los altavoces para producir el sonido.
La onda análoga producida por el DAC será la misma todo el tiempo, mientras los números no sean alterados, y esta es una de las cualidades más alabadas de los sistemas digitales respecto de los analógicos, los cuales pueden variar o disminuir su calidad muy fácilmente. La onda análoga creada por el DAC será también muy similar a la onda análoga original si el convertidor análogo-digital "muestrea" a una velocidad alta y produce números exactos.

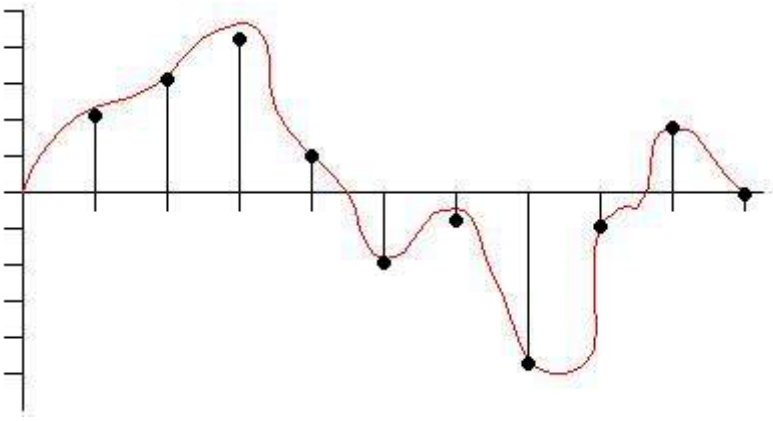
Pero vayamos paso a paso. Siempre se parte de una señal analógica, la cual vamos a digitalizar. He aquí una onda típica (asumiendo que las marcas en el eje horizontal representan 1/1000 oscilaciones por segundo):



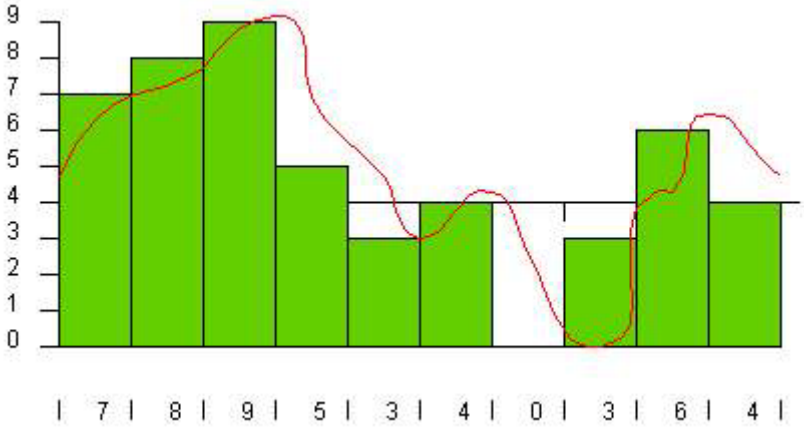
El eje y representa los niveles de muestreo que tomaremos, en cada unidad de tiempo de muestreo. En este ejemplo hay 11 niveles distintos, (eje Y), los CD-Audio tienen 65.536 niveles. (2^{16}). El eje X, representa cada cuanto tiempo se hará una muestra.

Cuando convertimos señales analógicas, tenemos en cuenta dos magnitudes, una es cada cuanto tiempo vamos a muestrear la señal (tiempo o frecuencia de muestreo), la otra es, la que nos dice cuantos niveles (niveles de muestreo) posibles tenemos para asignar uno cada unidad de tiempo. Cuando decimos que tenemos un archivo de sonido a 44.1 kHz, nos referimos al tiempo que hay entre muestra y muestra. Como definimos anteriormente, los hercios son el número de pulsos o muestreos por segundo en este caso. Ya que lo hacemos a 44.1 kHz, son 44100 hercios, que son 44100 muestras por segundo. Y si la señal está muestreada a 8 bits, quiere decir que hay 2^8 particiones o niveles posibles por cada muestra. Es decir 256 rayitas en el eje Y. Los CD's están muestreados a 16 bits, 2^{16}, 65.000 rayitas en el eje y , y 44.1 kHz, o rayitas en el eje x por segundo.

En ejemplo de la figura anterior el tiempo que pasa entre muestra y muestra es la línea horizontal (x), y los distintos valores que puede tomar la muestra están en el eje y.

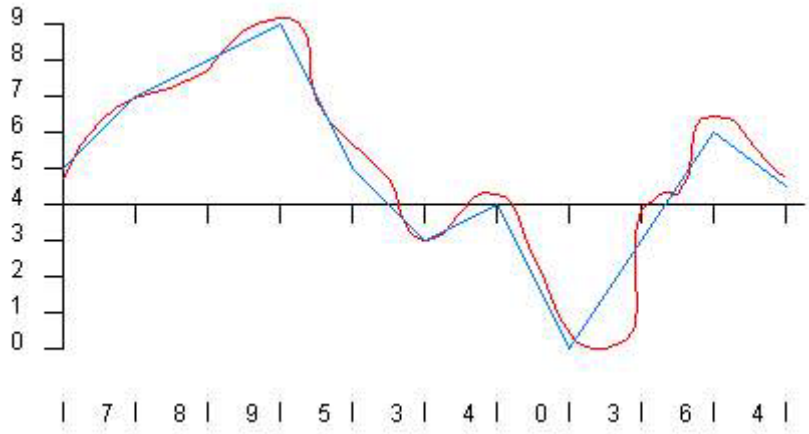


Hacer un muestreo consiste en que en cada pulsación en la que se mide el valor de la señal analógica, y se le asigna el nivel más próximo (tomar medidas discretas). Esto se hace mediante circuitería dotada de capacitadores (condensadores) que se activan en una pulsación tomando el valor en ese instante y que tienen el rango de valores posibles (eje y), escogiendo el más parecido. Esta información se guarda en otra señal analógica, que quedará como un conjunto de pulsaciones.



Luego se mantienen los valores hasta la siguiente muestra, formando esta señal.

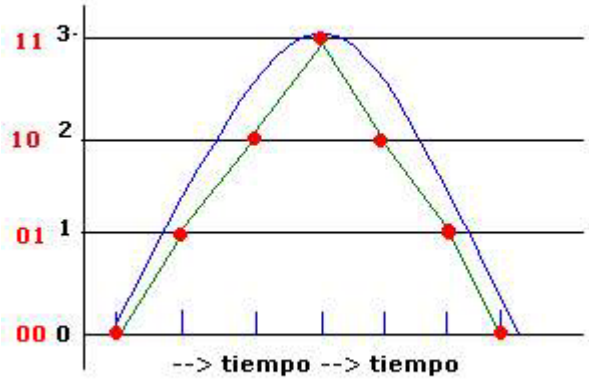
Este proceso que hemos descrito lo hace el ADC (de analógico a digital), si queremos volverla a su estado anterior, utilizaremos el DAC, que convierte de digital a analógico. Este hardware lo que hace es interpolar (entre muestra y muestra pone valores intermedios), creando la señal de salida de la izquierda.



Como se puede ver la señal de salida es bastante diferente a la original.

Pero aumentemos la velocidad de muestreo. Es decir el numero de muestras o columnas del eje X y aumentemos también el número de niveles, separaciones en el eje Y.

Se puede comprobar que cuando la frecuencia y los niveles de muestreo aumenten, la similitud de la señal analógica y la muestreada una vez interpolada por el DAC, es muy similar. En el caso del sonido del CD como ya he dicho antes, la fidelidad es una meta muy importante así que la velocidad de muestreo es de 44100 muestras por segundo y el número de gradaciones o niveles es 65536. Bajo estas condiciones la salida del DAC se acerca mucho a la onda original de la cual el sonido es esencialmente "perfecto" para el oído humano.



Muchos tutoriales sobre como funcionan los discos compactos te explican solo lo anterior y ya creen que sobra para entender esto. Pero no dice nada de que es lo que hacemos con estas muestras, ni como se guardan.

Tenemos muestras gracias a un sistema para hacer un muestreo, y que hemos intentado explicar en el apartado anterior. Ahora debemos guardar estas muestras en formato binario. Para cada muestra utilizaremos una cantidad de bits (unos y ceros). Por ejemplo, tenemos una muestra de una señal. La hemos hecho un muestreo a 4 niveles que son 2 bits (2 bits quiere decir, que hacen faltan dos dígitos binarios para numerar todos los niveles 00, 01, 10, 11 que es lo mismo que 0,1,2,3).

Esta gráfica representa en azul la señal analógica. En puntos rojos las distintas muestras que se han tomado, con un rango de 4 valores posibles (0, 1, 2, 3). También he puesto el rango de valores en binario, han hecho falta 2 bits para poder tener 4 dígitos distintos en binario. En verde está la señal que podría quedar si queremos pasar de las muestras a una señal continua con un DAC.

Pues cada muestra no es más que un valor. En este caso 00, o 10 etc. Una sucesión de muestras forman el archivo binario de sonido. Este archivo es lo que forma el archivo de sonido. El siguiente archivo binario contiene la señal de arriba:

00 01 10 11 10 01 00. (0 1 2 3 2 1 0)

Es así de simple, en principio. Imaginad lo grande que debe de ser una canción de un CD en binario. Hay 65.535 niveles, y cada segundo se hace 44.100 muestras por canal, (uno por altavoz, 2 normalmente).
Una muestra en binario de 16 bits puede ser la siguiente.

1111111111111111 = 65535

otra puede ser…

0000000000000000 = 0

Los números de 16 bits en binario ocupan 16 unos y ceros.

Con 44.100 números de estos seguidos, se obtiene un segundo de sonido con calidad digital de CD.

1111111111111111 0000000000000000 1010000010000001 0000000000000000 y así hasta poner 44.100 números de 16 bits para obtener un segundo.

Este es muy básicamente el sistema de grabación digital. Ya sean CD, archivos wav, discos de Philips digitales, cintas DAT de las discográficas, etc. pero cada dispositivo, formato de sonido aun basándose en estos principios, tiene sus propios formatos, para poder acomodar al mundo físico real la teoría de la grabación del sonido digital, ya sea por comodidad, motivos económicos, reparación de errores, u otros.

2.2 Los Orígenes. El CD Audio

2.2.1 Historia del nacimiento del disco compacto o CD.

Los discos compactos (los populares CD´s) tienen un uso muy extendido y diversificado en la sociedad actual: CD de música, CD-Rom, videodisco, ... Pero, ¿cómo surgió la idea del disco compacto?. Su historia revela que en las innovaciones científico-tecnológicas la línea recta no es siempre el camino más corto.

La historia del disco compacto empezó a finales de los años sesenta en Eindhoven (Holanda), en uno de los múltiples laboratorios de la empresa PHILIPS. Por aquellos años los profesores reclamaban nuevas tecnologías capaces de aligerar las clases por medio de diapositivas y películas que ilustrasen el discurso del enseñante, pero exigían como condición imprescindi-

ble la posibilidad de acceder instantáneamente a cualquier imagen. El hecho de que una cinta exigiera un tiempo demasiado largo hizo pensar a Peter Kramer y su pequeño equipo de investigadores que la respuesta podría estar en el disco, siempre que éste no fuera prisionero de un surco. En su laboratorio de óptica, este equipo se propuso poner imágenes en un disco del tamaño de un microsurco de 33 revoluciones. Afortunadamente, había ya un precedente, el de los discos memoria, pero la técnica utilizada en ellos era analógica. Los primeros "discos ópticos", como se les llamaba, estaban formados por señales de modulación de frecuencia, muy densas, a las que se habían añadido señales de color. Sólo en una segunda fase de la investigación se pensó en una técnica, entonces balbuciente, que consistía en abrir minúsculos agujeros (del orden del micrómetro, o sea, 10^{-6} metros) en una sustancia plástica y en leerlos rápidamente por medio de un haz luminoso. El punto crucial consistía en crear un ordenador capaz de transformar los sonidos, las imágenes y las palabras en un código numérico y viceversa (técnica digital).

Un día de 1970, se dispuso por fin de un prototipo. Pero al poner en marcha el aparato no se vio otra cosa que ... ruido. Un rápido cálculo permitió comprender qué había fallado. Una lámpara clásica no producía suficientes fotones de luz sobre la superficie tan pequeña de un agujero como para ser portadora de la señal sensora. Sólo podía hacerlo la intensidad de un haz láser. Por fortuna, la empresa PHILIPS fabricaba láseres. Una primera imagen, en blanco y negro, mostraba al consejo de administración de la firma en 1971. La empresa se decidió entonces a invertir en el proyecto. En otoño del mismo año, se realizó una demostración ante la prensa profesional. Había nacido el *laser-Vision*. Resultaron necesarios seis años de esfuerzos para mejorar la calidad del vidrio, el prensado y el modelado de la capa plástica, la mecánica y la televisión. También hubo que optimizar el láser y su espejo, así como el código numérico.

No obstante, el producto no prosperó porque era demasiado caro. El láser, por sí solo, valía cerca de un millón de pesetas. Pero el obstáculo más importante era la industria cinematográfica. Ninguna empresa de este sector deseaba apostar por el nuevo sistema en un momento en que apenas acababan de implantarse la cinta magnética y el aparato de vídeo.

La apuesta parecía perdida de antemano. El disco óptico de imagen y sonido fue abandonado. O casi ... Lo cierto es que el nuevo producto intrigaba a Lou Otten, responsable del departamento de acústica. Gran aficionado a la música clásica, Otten había quedado entusiasmado por la calidad del sonido y la ausencia de ruido de fondo. ¿No podría aplicarse esta tecnología al sonido exclusivamente?.

La primera idea de Otten fue producir un disco de diámetro reducido, más pequeño que un disco tradicional de 45 revoluciones [1], que fue llamado Compact Disc (CD). En 1979 se hizo la demostración del producto. Sobre una mesa cubierta por un mantel blanco se encontraba la lectora, del tamaño de un magnetófono de casete. Cuando el disco plateado quedó instalado, la concurrencia, como era de esperar, se deshizo en elogios. Pero nada era todavía definitivo: el aparato no era más que un prototipo. Debajo de la mesa, cuidadosamente disimulado antes de que llegaran los periodistas, se

samente disimulado antes de que llegaran los periodistas, se encontraba un metro cúbico de electrónica que todavía había que integrar. Hecho esto, el producto fue presentado en las dimensiones deseadas ocultando todos los elementos aún no miniaturizados.

Se perfilaban dos objetivos más importantes: el de la norma (y por lo tanto de la competencia) y el de la oferta de discos (había que convencer a las compañías discográficas).

La norma preocupaba mucho a PHILIPS desde una mala experiencia anterior, la del videocasete. ¿Podía PHILIPS imponer su opción en solitario? La empresa prefería aliarse a una compañía japonesa. La elección recayó en SONY, que estaba atrapando a PHILIPS en el proyecto. Tras delicadas negociaciones, se llegó a una colaboración fructífera. Las dos empresas compartieron incluso su tecnología.

Faltaba convencer a las principales discográficas. Cornelius van der Klugt, nuevo miembro del consejo de administración encargado del seguimiento del proyecto, puso en pie un auténtico plan de batalla. En 1981, consiguió colocar a un veterano de PHILIPS en la dirección de POLIGRAM, líder indiscutido del repertorio clásico (que parecía el único sector interesante). Actuando desde el interior, su acción consistió en convencer a la compañía para invertir en nuevas cadenas de producción de música clásica en formato CD, totalmente al abrigo del polvo y de la electricidad estática. Al mismo tiempo, había que conseguir la adhesión de los medios artísticos. Herbert von Karajan, director de orquesta figura de POLYGRAM, colaboró en el proyecto. Durante el festival de Salzburgo, dedicó un día entero de descanso a cantar las alabanzas del pequeño disco ante los críticos del mundo entero. Una élite de artistas, de Luciano Pavarotti a Mick Jagger, exigieron también la grabación digital. La partida estaba definitivamente ganada.

1[1] Curiosamente, el que el CD mida 12 cm en vez de los 11,5 previstos inicialmente se debe a la melomanía del vicepresidente de SONY, Norio Oga, gran aficionado a Beethoven. La novena sinfonía, en su versión más larga, dirigida por Herbert von Karajan, dura 74 minutos. Alargando el diámetro medio centímetro se obtenían 14 minutos suplementarios de placer además de los 60 inicialmente previstos.

El origen de los discos compactos fue debido a la necesidad en el mercado del sonido, de un sistema de reproducción que reprodujera el sonido original una y otra vez sin perder la calidad de sonido. Para entender esta evolución de los aparatos de sonido hay que retroceder al pasado y ver como evolucionaron estos aparatos. Primero fueron los discos fonográficos, en los que se graba el sonido en un plástico dibujando surcos que harán vibrar a una aguja, y a su vez una membrana. Pero hacia falta que la gente pudiera grabar también el sonido, para eso se inventaron las cintas magnetofónicas, en las que se plasmaban las señales de audio en una cinta magnética, mediante una cabezal. (Ambos sistemas se explicarán posteriormente). Pero estos sistemas tenían el problema de que el cabezal o la aguja tenían un contacto directo con el material gravado, con lo que por rozamiento se iban deteriorando. Además

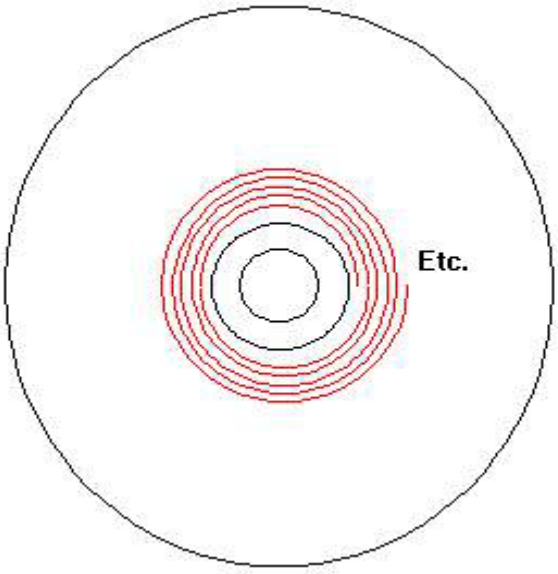
era muy fácil que algún factor externo los rayara o desmagnetizara. Es por eso que se inventó el CD, y el cd-regrabable, y los posteriores DVD's, que acababan con el problema de la fricción (es un haz de luz y no un cabezal el que toca la superficie del disco, y además para solucionar los errores provocados por factores externos tienen algoritmos de corrección de errores). Otra ventaja que tienen los cd's contra los discos de vinilo es el tamaño. Ocupando muchísimo menos y en una sola cara de grabación (en los cd's, los dvd's pueden usar las dos), tiene el mismo tiempo de grabación y si los comparamos con los DVD's este tiempo de grabación es infinitamente superior.

Todo esto es aplicado de igual manera a los computadores, los cuales también hacían (y hacen) uso de cintas y discos magnéticos que sufrían los problemas de fricción del cabezal.

2.2.2 ¿Por qué redondo?

Que los CD's sean redondos no es por casualidad, la ventaja de este sistema es obvia, si has querido pasar de canción en una cinta de audio o en un disco de vinilo, te habrás dado cuenta de que se tarda muchísimo menos en acceder a la parte de la grabación que quieras del disco que de la cinta. (Por eso fracasaron, entre otros motivos, las cintas magnéticas de grabación digital de Philips, hace unos años, y están un poco más extendidos los mini-disc de Sony que son discos y no cintas secuenciales).

Las cintas de audio tienen que pasar toda la grabación para llegar a la siguiente, y la velocidad de rotación no puede ser muy elevada porque podría estropear o romper la cinta, esto pasa de igual manera en las cintas de vídeo, y aunque se han inventado sistemas muy rápidos para rebobinar, los cd-audio, o los cd-vídeo tendrán las de ganar. Ahora solo falta que las compañías apoyen estos sistemas. En el mundo de los ordenadores, las ventajas de los discos frente a las cintas secuenciales también son obvias, y hoy quedan pocos dispositivos que usen sistemas de almacenamiento en medios lineales, como por ejemplo las cintas de back-up que aún usan algunas empresas. Los discos duros, zips, cd-roms, magneto-opticos, etc. utilizan sistemas de discos.



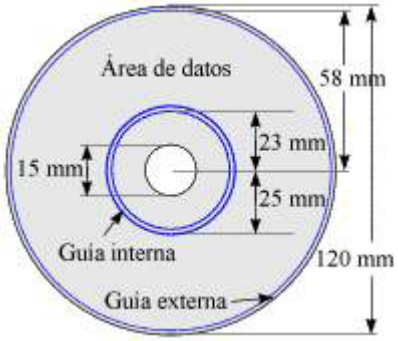
2.2.3 ¿Que es un disco compacto?

Un CD es un disco hecho de un material plástico llamado policarbonato, en el que se han grabado pits (pozos o agujeros) siguiendo una especie de circuito en espiral, y sobre el cual se han aplicado lacas y plásticos protectores para reducir la posibilidad de que alguno de estos pozos se llene o se creen nuevos.

Esta definición es idéntica en los cd-a (CD de audio), CD-ROM (CD de solo lectura de los ordenadores), DVD…etc.

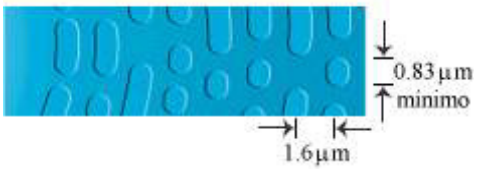
2.2.4 Medidas y esquema de un disco compacto.

Corte transversal de un disco compacto. La parte de arriba es en la que se puede escribir o imprimir la etiqueta, sobre una capa de acrílico. Después va lo que es la información



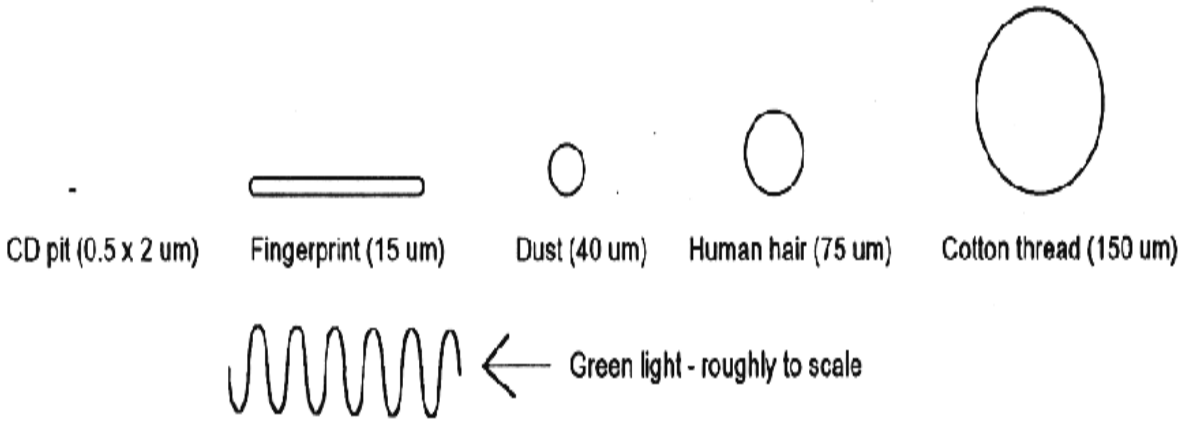
Desde arriba. Tiene 12 cm de diámetro, con un agujero central cuyo diámetro mide 15 mm. La información digital del disco se almacena en un área que comienza a 25 mm del centro y se extiende hasta los 58 mm. Bordeando esta área existen dos anillos o guías, uno interno y otro externo. La guía interna contiene la tabla de contenidos del disco (lead in), y permite al láser sincronizarse y saber el contenido de información de audio o los datos antes de proceder a su lectura. La longitud de la guía interna depende de las dimensiones de la tabla de contenidos (que puede almacenar hasta 99 pistas de audio 33mm). A continuación viene la información del CD, capaz de almacenar hasta unos 76 min. de audio y 99 pistas como máximo. Finalmente se encuentra la guía externa (lead out), que marca el fin de los datos (1 mm de ancho). Todo esto lo explicaremos en la sección subcódigos. Este esquema es válido tanto para discos compactos de audio como de datos, aunque puede haber variaciones sobre todo en formatos híbridos (audio + datos).

2.2.5 Las Pistas

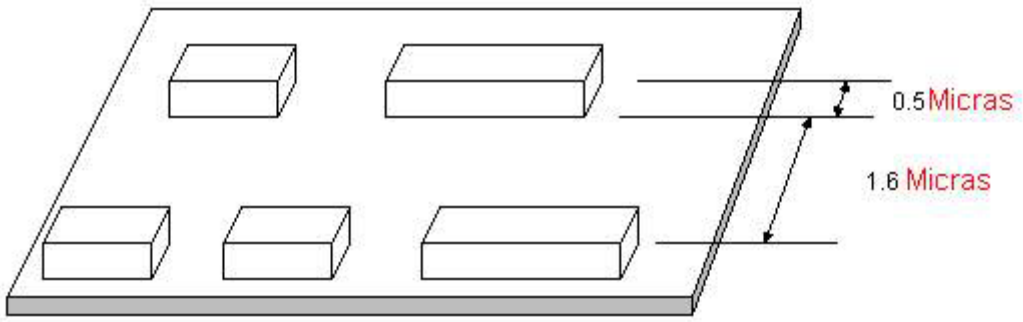


Cada una de las líneas paralelas que aparecen si miramos de forma transversal la superficie de un CD. Al igual que los discos de vinilo, la información de un CD está grabada en forma de diminutos salientes practicados a lo largo de una espiral continua, iniciándose en el interior y continuando hacia el borde externo. En un disco de 74 min. la longitud total del surco sobrepasa los 5 kilómetros, y su reproducción implica más de 20,000 revoluciones del disco.

Todos los discos compactos de audio deben girar con una rapidez lineal constante (1.3 m/s). Esto significa que, en cada segundo, el lector explora un tramo cuya longitud es de 1.3 metros. Como la espiral va aumentando su diámetro a medida que transcurre la reproducción, el giro del disco (rapidez angular) va disminuyendo para mantener constante la rapidez lineal. Esto puede observarse en un reproductor provisto de ventanilla.



En la siguiente gráfica, se puede ver el tamaño de un agujero de un CD, comparado con una huella dactilar, polvo, pelo humano y una bolita de algodón. También dice el gráfico que el tamaño de un agujero de CD, es igual a la longitud de onda del color verde



El CD como se puede observar, se lee desde abajo, atravesando el policarbonato, por lo que realmente no se leen agujeros y no agujeros, sino que se leen salientes y no salientes. Mirando desde abajo.

2.2.6 Grabación de un CD

2.2.6.1 Mastering

Éste es un proceso complejo necesario para crear el disco matriz o estampa (*stamper*), que se usa como molde para fabricar las copias.
Las etapas que comprende el mastering son: preparación del master de vidrio, recubrmiento de material fotosensible, grabado, tratamiento y metalizado del master, electrodepoisición, y terminación de la estampa.

Preparación del master de vidrio

El proceso de mastering comienza con un disco de vidrio de 240 mm de diámetro y un grosor de 6 mm, debidamente pulido y limpio. El dibujo muestra un corte del disco.

Recubrimiento de material fotosensible

La superficie es recubierta con una capa de un material fotosensible de 0.12 micras.

Este grosor es exactamente la cuarta parte de la longitud de onda del rayo láser que posteriormente leerá los datos cuando el disco esté acabado. Para evitar la contaminación del recubrimiento, todo el proceso de mastering se lleva a cabo en instalaciones especiales libres de partículas en suspensión. La uniformidad del recubrimiento es verificada con un un láser infrarrojo. Posteriormente el disco es sometido a calor para endurecer el recubrimiento y proceder a su grabado.

Grabado

Alimentado por los datos de la fuente, el rayo láser grabador describe una espiral sobre el disco con una separación de 1.6 micras. El recubrimiento se endurece en aquellos puntos que son expuestos a la luz del láser.

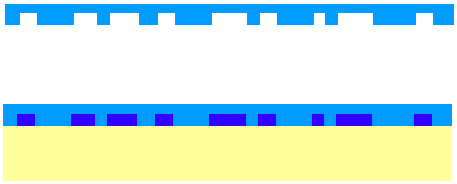
Tratamiento del master de vidrio

Las porciones del recubrimiento que no fueron expuestas al láser grabador, se remueven químicamente. Las perforaciones del disco compacto terminado se formarán en aquellos lugares donde el recubrimiento se mantuvo.

Metalizado del master de vidrio

Una fina capa metálica de plata o níquel es depositada sobre el disco para escuchar su reproducción (y así verificar que no existan detalles defectuosos antes de continuar con el proceso), y deja al master eléctricamente conductor para el siguiente paso.

Electrodeposición



El master metalizado es sometido a un proceso de electrodeposición para añadir metal a la superficie hasta alcanzar unos pocos milímetros.

Formación del master metálico

La capa metálica, que es removida del master de vidrio, es la imagen negativa de éste (y del disco compacto final). Aunque este master metálico podría ser utilizado directamente como estampa, es preferible usarlo como "padre" para crear estampas adicionales.

Formación de la "madre" metálica

Un proceso de metalización similar se realiza para crear masters adicionales. Sin embargo, estos masters "madre" son imágenes positivas y no sirven como estampas. Típicamente un "padre" puede generar tres o seis "madres".

Creación de las estampas

Nuevamente se repite la electrodeposición para formar hasta 10 estampas de cada "madre". Esta manera de generar estampas se llama proceso master-madre-estampa, y permite la creación de unas 50 estampas a partir del mismo master.

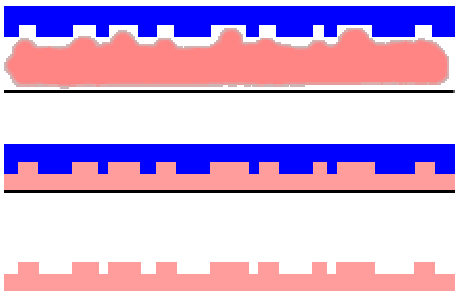
2.2.6.2 Replicación.

El proceso de replicación es la última etapa en la fabricación de los discos compactos, y consiste en las etapas de: preparación de la estampa, moldeo del disco por inyección de policarbonato, metalización, sellado, e impresión de la etiqueta.

Preparación de la estampa

Cada estampa es preparada para su colocación en la máquina replicadora.

Moldeo del disco



El policarbonato fundido es inyectado a alta presión contra la estampa en una prensa.

A continuación, es rápidamente enfriado antes de retirarlo de la prensa; esto toma unos doce segundos por cada copia.

Hasta este punto, el disco compacto todavía es transparente, y no se puede leer hasta que se recubra metálicamente en el siguiente paso.

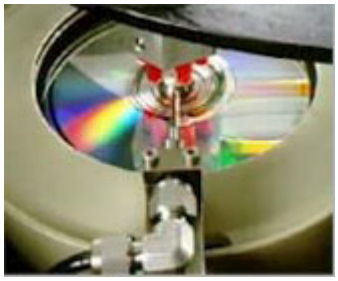
El policarbonato es muy adecuado como material porque ópticamente tiene una baja distorsión, goza de buena resistencia mecánica, es resistente a la humedad y al calor moderado, y se puede trabajar en él con mucha precisión. Pero para ello, es imprescindible que esté libre de cualquier tipo de contaminación.

Metalizado de la superficie de lectura

A continuación se aplica un baño de aluminio para formar la superficie de lectura. Una capa de 0.10 a 0.15 micras proporciona la alta reflectividad requerida.

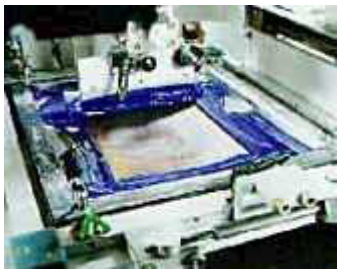
Sellado

El metalizado se protege aplicando una capa protectora de laca.



Impresión de la etiqueta

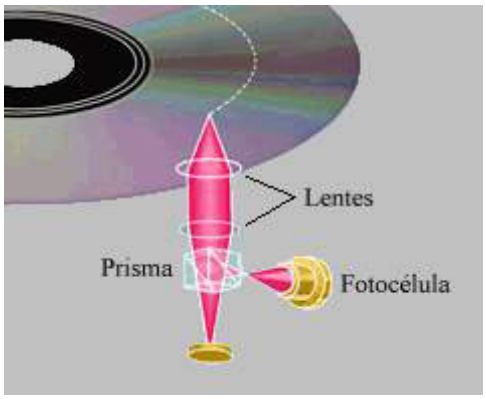
Finalmente, se imprime la etiqueta del disco.



2.2.7 El Proceso de lectura de un CD

2.2.7.1 componentes de un lector CD

El lector de discos compactos está compuesto de:



Un cabezal, en el que hay un emisor de rayos láser, que dispara un haz de luz hacia la superficie del disco, y que tiene también un fotorreceptor (foto-diodo) que recibe el haz de luz que rebota en la superficie del disco. El láser suele ser un diodo AlGaAs con una longitud de onda en el aire de 780 nm. (Cercano a los infrarrojos, nuestro rango de visión llega hasta aproximadamente 720 nm. Por lo que nos resulta una luz invisible, pero no por ello no dañina. No debemos mirar nunca un haz láser. La longitud de onda dentro del policarbonato es de un factor n=1.55 más pequeño que en aire, es decir 500 nm. Todo esto lo explico para cuando explique en el siguiente punto como se leen los ceros y unos del policarbonato.

Un motor que hace girar el disco compacto, y otro mueve el cabezal a lo ancho del disco. Con estos dos mecanismos tenemos acceso a todo el disco. El motor se encarga del CLV (constant linear velocity), que es el sistema que ajusta la velocidad del motor de manera que su velocidad lineal sea siempre constante. Así, cuando el cabezal de lectura está cerca del borde el motor gira más despacio que cuando está cerca del centro. Este hecho dificulta mucho la construcción del lector pero asegura que la tasa de entrada de datos al sistema sea constante. La velocidad de rotación en este caso es controlada por un microcontrolador que actúa según la posición del cabezal de lectura para permitir un acceso aleatorio a los datos. Los CD-ROM, además permiten mantener la velocidad angular constante, el CAV (constant angular velocity). Esto es importante tenerlo en cuenta cuando se habla de velocidades de lectura de los CD-ROM.

Un DAC, en el caso de los cd-audio, y en casi todos los cd-roms. DAC es Digital to Analogical converter. Es decir un convertidor de señal digital a señal analógica, la cual es enviada a los altavoces. DAC's también hay en las tarjetas de sonido, las cuales, en su gran mayoría, tienen también un ADC, que hace el proceso inverso, de analógico a digital.

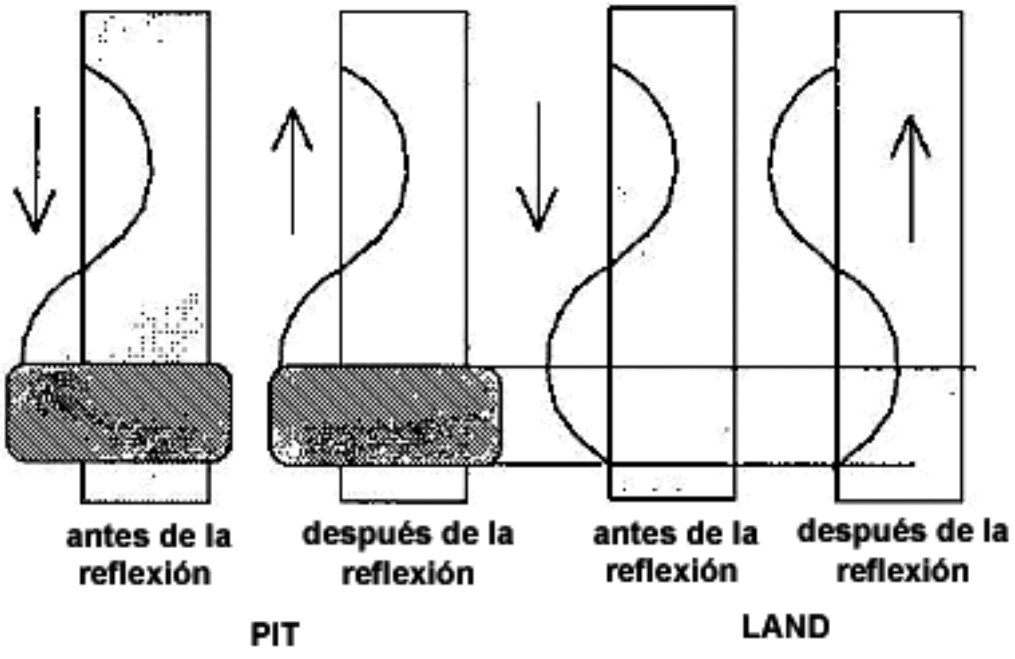
Luego tiene muchísimos más servosistemas, como el que se encarga de guiar el láser a través de la espiral, el que asegura la distancia precisa entre el disco y el cabezal, para que el láser llegue perfectamente al disco, o el que corrige los errores...

2.2.7.2 Pasos que sigue el cabezal para la lectura de un CD.

1. Un haz de luz coherente (láser) es emitido por un diodo de infrarrojos hacia un espejo que forma parte del cabezal de lectura, el cual se mueve linealmente a lo largo de la superficie del disco. (Ver figura de página anterior).

2. La luz reflejada en el espejo atraviesa una lente y es enfocada sobre un punto de la superficie del CD

3. Esta luz incidente se refleja en la capa de aluminio, atravesando el recubrimiento de policarbonato. La altura de los salientes (que es como se ven los agujeros desde abajo, ver creación del CD) es igual en todos y está seleccionada con mucho cuidado, para que sea justo ¼ de la longitud de onda del láser en el policarbonato.



La idea aquí es que la luz que llega al llano (parte dos de la gráfica) viaje 1/4 + 1/4 = 1/2 de la longitud de onda (en la figura se ve que la onda que va a la zona sin saliente hace medio período, rebota y hace otro medio

período, lo que devuelve una onda desfasada medio período ½ cuando va a la altura del saliente), mientras que cuando la luz rebota en un saliente, como se puede ver en la primera parte de la figura la señal rebota con la misma fase y período pero en dirección contraria. Esto hace que se cumpla una propiedad de la óptico-física que dice una señal que tiene cierta frecuencia puede ser anulada por otra señal con la misma frecuencia, y misma fase pero en sentido contrario por eso la luz no llega al fotoreceptor, se destruye a sí misma.
Solo utiliza las propiedades físicas de las ondas. Se da el valor 0 a toda sucesión de salientes (cuando la luz no llega al fotoreceptor) o no salientes (cuando la luz llega desfasada ½ período, que ha atravesado casi sin problemas al haz de luz que va en la otra dirección, y ha llegando al fotoreceptor), y damos el valor 1 al cambio entre saliente y no saliente, teniendo así una representación binaria. (Cambio de luz a no luz en el fotoreceptor 1, y luz continua o no luz continua 0.)

4. La luz reflejada se encamina mediante una serie de lentes y espejos a un fotodetector que recoge la cantidad de luz reflejada.

5. La energía luminosa del fotodetector se convierte en energía eléctrica y mediante un simple umbral nuestro detector decidirá si el punto señalado por el puntero se corresponde con un cero o un uno.

2.2.8 El CD-Audio, o disco de Audio. (Red Book)

2.2.8.1 IEC – 908. El formato en que se encuentra plasmado realmente el sonido en un CD-A.

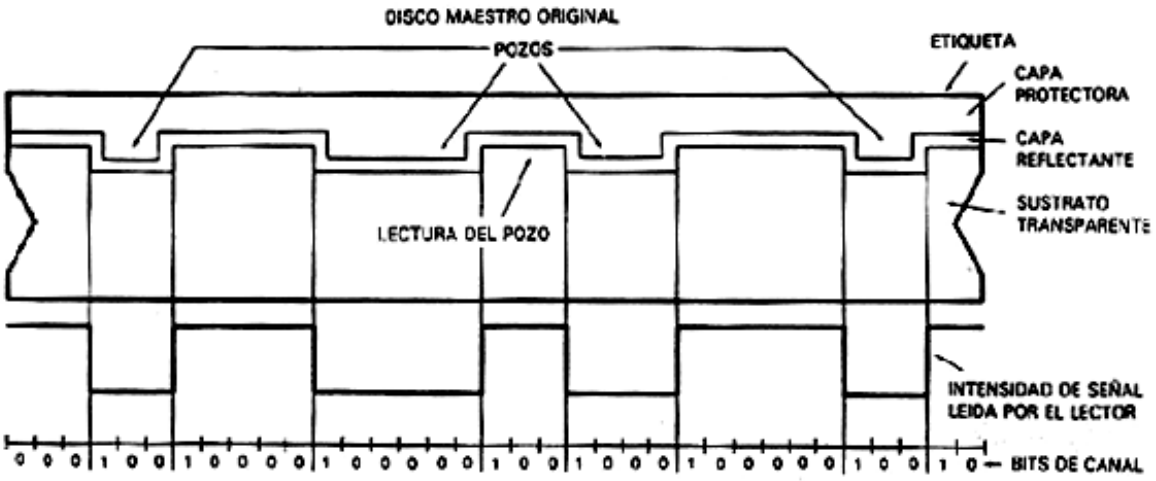


Fig. 4.6. Las transiciones entre los pozos y los niveles representan un 1 binario, al igual que las transiciones entre nivel y pozo. (*Fuente: Ken Pohlmann*, Principles of Digital Audio, *p. 222*).

La foto de arriba explica muy bien lo que es un cero y un uno físicamente en la superficie del disco. Es un 1 el cambio de saliente a no saliente, o de no saliente a saliente. Son ceros los llanos ya sean en los salientes o en los no salientes.

Todo lo explicado anteriormente era de forma ideal como funcionan las cosas, pero la idea de que en los CD's son un conjunto de unos y ceros, de agujeros y no agujeros que se transmiten directamente del CD al sistema está un poco lejos de ser el verdadero formato de los CD. Además no explico por ejemplo como se guardan dos canales de sonido en un CD, ni los algoritmos de corrección de errores que se añaden a las tramas de sonido, para corregir ruidos, y alguna cosa más. En esta sección voy a explicar más profundamente el formato de los CD.

Para empezar unos cuantos conceptos básicos:

Explicaré sistemas muy básicos de corrección de errores que aun no siendo los que se utilizan los cd's son suficientes para tener una idea de lo que hacen los algoritmos de corrección de errores.

2.2.8.2 Bits de paridad.

Uno de los sistemas de corrección de errores de los discos compactos es el sistema de bits de paridad. Estos sistemas de corrección de errores son fundamentales en cualquier sistema de almacenamiento digital. Hay cientos de estos bits de códigos de paridad. Estos códigos normalmente funcionan añadiendo bits adicionales (llamados bits de paridad) que servirán para comprobar si las tramas de bits a las que pertenecen estos bits tienen o no, error. En principio sirven para **detectar errores**, aunque luego veremos que también los **corrigen**. En un simple sistema binario de paridad lo que hacemos es que un sólo bit se utiliza como bit de paridad.

Un bit de paridad representa el número de unos que hay en una determinada trama de bits Si hay un número par de unos este bit de paridad que se situará al principio o al final de la trama tomará el valor 1 si es de paridad par el sistema o 0 si es de paridad impar. Si el número de unos es impar tomará valor 0 si es de paridad par, o uno si es de paridad impar. Con esto conseguimos que si un 0 cambia por un uno o si un 1 cambia por un 0, el sistema se dé cuenta de que el bit de paridad es incorrecto. Por lo que ha habido un fallo.

Por ejemplo, imagina que a la siguiente cadena de bits le asignas un bit de paridad impar, es decir que si hay unos impares se pone un 1 y si los hay impares un 0.

1101 0000

El número total de bits con valor 1 es 3. Es impar por lo que con nuestro sistema de paridad impar debemos de poner un 1 al final. La trama quedaría así:

1101 0000 1

Donde el último bit sería el bit de paridad, en este caso un uno.

Incluso un sistema simple de paridad puede complicarse si usamos más de un bit de paridad. Por ejemplo, se puede decidir que haya dos bits de paridad, uno para los primeros cuatro bits y otro para los otros cuatro.

1	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**P1**	**P2**
x	x	x	x					1	
				x	x	x	x		0

Si hay suficientes bits de paridad, el error no sólo puede ser detectado, sino que también puede ser corregido. Por ejemplo, esto es lo que pasaría si utilizáramos cuatro bits de paridad. El primer bit de paridad P1, representa la paridad de los primeros cuatro bits. El segundo P2, de los cuatro últimos, el tercero P3 calcula la paridad de los bits 1,2,5,6 y el P4 de los bits 2,3,6,7.1

1	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
x	x	x	x					1			
				x	x	x	x		0		
x	x			x	x					0	
	x	x			x	x					1

Ahora supongamos que ha habido un error en el bit 8.

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
x	x	x	x					1			
				x	x	x	x		1		
x	x			x	x					0	
	x	x			x	x					1

El bit de paridad P1, seguirá siendo el mismo, pues el error no se ha producido en sus cuatro primeros bits. El bit P2 ya no será el mismo, dado que ahora hay un uno que antes no había, dando un 1 como bit de paridad. P3 y P4 tampoco cambian ya que sus bits de paridad eran el 1,2,3,4,5,6 y 7 pero no el 8. Como P2 es el único bit de paridad que da error, el bit número 8 es el que ha cometido el error, y además podemos corregirlo, poniendo otra vez el bit 8 a 0.
Por desgracia la mayor parte de los sistemas de detección y de corrección de errores usados en los lectores de CD no son tan simples como el testeo de bits de paridad explicado antes. No obstante estos sistemas tienen como origen la idea de bits de paridad que sirve para hacerse una idea de como se pueden corregir errores mediante algoritmos inteligentes.

2.2.8.3 Simple intercalación o entrelazado.

Intercalar es una idea muy simple pero muy poderosa Para ilustrar el intercalado, supongamos que tenemos un frame (tira) de datos que resulta ser una frase tal que así:

U N I V E R S I T Y O F W A S H I N G T O N

Supongamos ahora que se nos ha caído el disco duro al suelo y se han destruido unos cuantos caracteres.

R S I T Y O F W A S H I N G T O N

Las primeras palabras van a ser casi imposibles de reconstruir. Pero intercalemos ahora la frase inicial mediante un algoritmo cualquiera de intercalación…

U N I V E R S I T Y O F W A S H I N G T O N
O N S T H U G R F S I I O T W N N V E I Y A

Ahora quitemos las primeras letras, por error…

U G R F S I I O T W N N V E I Y A

Ahora deshagamos el cambio …

U N I V E R I Y O F W A S I G T N

Es mucho más fácil interpolar (o utilizar métodos de paridad), y suponer las letras que se han perdido.

Pues esta idea se utiliza en la codificación de datos en los CD.

2.2.8.4 CIRC, o código REED-SOLOMON de intercalado cruzado.

Llamamos CIRC a la unión de los procesos de agregar bits de paridad e intercalar bits.

2.2.8.5 Ocultación de errores. Interpolación y silenciación.

En la práctica, muchos errores son demasiado largos y no pueden ser corregidos por los algoritmos de detección y corrección de errores. Si estos errores no son corregidos, pueden dar como resultado, pequeños ruidos audibles a la salida del sistema. Para evitar estos ruidos hay algunos métodos finales que se usan para esconder un poco estos errores no recuperables.

Interpolación: Con esta técnica, el sonido se reconstruye utilizando los datos válidos alrededor del error. Es como cuando interpolábamos las muestras discretas para pasarlas a señales continuas. Se saca una especie de media entre los sonidos de antes y después del error y se reproduce quedando más o menos bien.
Silenciando: Este sistema lo único que hace es que cuando hay demasiado error baja el volumen, y así no se oyen distorsiones raras. Pero cuidado no pone los bits a 0, si hiciera eso se oiría un carraspeo, que es lo que no queremos que pase.

2.2.8.6 La modulación de ocho a catorce bits (EFM, Eight-to-fourtenn-bit modulation).

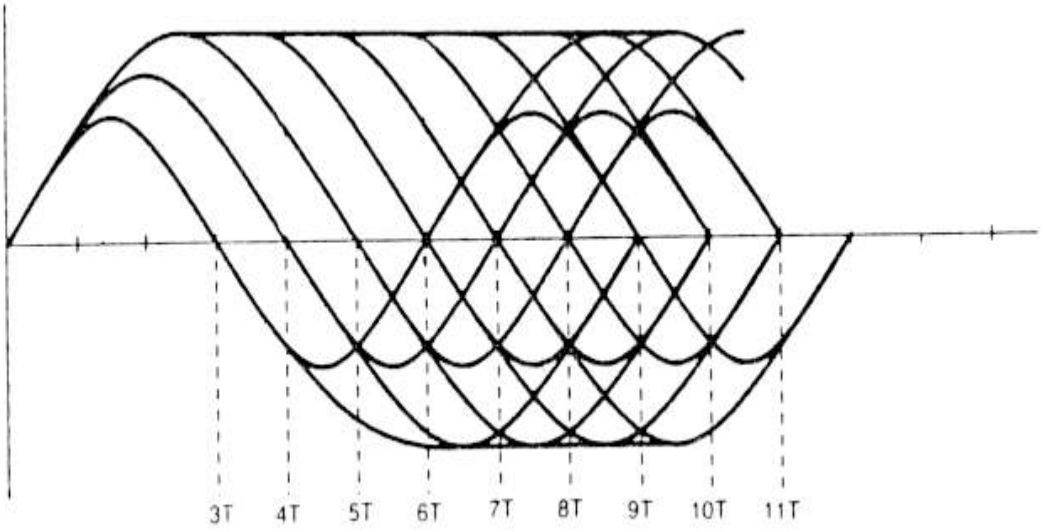
EFM significa Eight to Fourteen Modulation, es decir modulación de ocho a catorce bits, y es un sistema muy inteligente para reducir los errores de lectura causados por transiciones repetitivas de 0 y 1's. Realmente no es una modulación sino una sustitución ya que sustituimos cadenas de 8 bits por otras de 14 bits que según unas tablas se corresponden a ese número de 8 bits con el mismo valor. La idea es minimizar el número de transacciones de 0 a 1 y de 1 a 0. En el EFM solo están permitidas las combinaciones de bits en las cuales deben aparecer más de 2 y menos de 10 ceros seguidos. Es decir que no encontrarás un solo 0 en medio de unos, ni más de 10 ceros seguidos. (Regla de 2 a 10).

Por ejemplo, el numero 10 en binario es 0000 1010 y en EFM 1001 0001 0000 00.

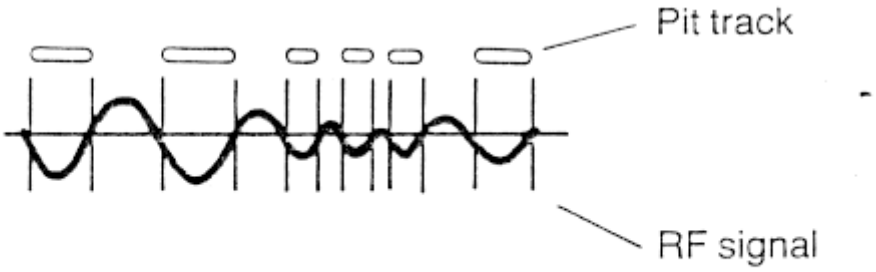
Al hacer esto nos ahorramos los problemas que pudiera tener el lector al encontrarse con unos y ceros muy seguidos (salientes y no salientes), que podrían llevar a confusiones. Veamos la siguiente gráfica ejemplo de una secuencia de agujeros y salientes, una vez leídos por el fotoreceptor y generada la señal análoga.

Como se puede ver, la señal creada es una señal continua que cuando hay un saliente toma valores por debajo de un cierto rango y cuando es plano los toma por encima del mismo. Esta señal a sido generada por el fotoreceptor, a partir de la ausencia o no-ausencia de luz recibida. Si hay muchos ceros y unos juntos los cambios se juntan muchos y se pueden perder unos, ya que los unos son el cambio del nivel bajo al alto y se ve que hay un momento en el que no le da tiempo a pasar al nivel alto y el sistema podría ignorar ese uno.

Mediante el EFM, hemos obtenido un sistema que solo tiene unas cuantas ondas fácilmente detectables que como mínimo es una señal de frecuencia 3bits (3T) es decir 001, y como mucho una de 11bits 00000000001, (11T). Es decir que los haces de luz que llegan al fotoreceptor solo pueden ser como mínimo tres bits, que son dos ceros y un uno, (Tmin) y como mucho 11 que son 10 ceros y un 1 (Tmax). Si calculáis son 9 tipos distintos de ondas recibidas por el fotoreceptor y convertidas a señales eléctricas. 2 ceros y 1 uno, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1 y 10-1 = 9 posibilidades. Eso nos sirve para preparar al lector para leer estos 9 tipos de señal.



La gráfica de arriba representa todas señales que puede entender el lector de cd. Hay dos tipos, las que están sobre cero y las que están por debajo de cero. Ambas representan ceros, ya que los unos son el cambio de arriba a abajo o de abajo a arriba. Según este leyendo ceros sobre un saliente, o esté leyendo ceros sobre el plano, la señal tomará valores negativos o positivos. Esto se ve en el dibujo de abajo.



2.2.8.7 Bits de fusión o "merge bits"

Cuando juntamos varias tiras de 14 bits EFM, se puede dar el caso de que las tiras cumplan el EMF, pero que al juntarlas ya no lo cumplan. Para solucionar este problema se añaden estos bits de fusión. Si la trama acaba en 001, se pone un 0, si acaba en ceros 0000, pues se pone un 100.El numero de bits usados son 3.

2.2.8.8 IEC - 908 (Red Book, o Libro Rojo) El formato en sí.

La codificación del sonido digital viene dada por el IEC 908. Este standard usa técnicas de paridad y de entrelazado para minimizar los efectos de un error en el disco. En teoría, la combinación de paridad y entrelazado en el lector de CD puede detectar y corregir un error de ráfaga de más de 4000 bits erróneos o un defecto físico de 2.47 mm de largo.

Y mediante interpolación puede disimular errores de más de 13,700 bits o defectos en la superficie de 8.5 mm de largo.

La información del Disco Compacto se plasma como un conjunto de tramas o paquetes, que van uno seguido de otro, formando una tira de tramas. Estas tramas o paquetes contienen en su interior el sonido digital en sí, además de bits de paridad, de sincronización, datos sobre las pistas…

2.2.8.9 Creando una trama. (frame)

Como ya hemos dicho una trama es el corazón del formato de los CD. Las tramas son como paquetes de datos, los cuales tienen un principio y un fin, que sirve para que el lector sepa controlar el flujo de tramas y así llevar una velocidad de lectura constante. Estos paquetes son de 588 bits.

Veamos los pasos que sigue la señal de sonido hasta ser plasmada en el CD, dentro de una trama.

La señal analógica se samplea en dos canales, izquierdo y derecho mediante dos convertidores analógicos digitales ADC. Tenemos dos tiras de bits que representan dos canales sampleados a 16 bits por muestra.

Por ejemplo un sample o muestra de la señal puede ser este:

L1 = 0111 0000 1010 1000
R1 = 1100 0111 1010 1000

Seis muestras de cada canal (12 en total) se cogen para un brame. Un brame es una especie de paquete o conjunto de bits con distintas partes. Ahora veréis cuales.

L1 R1 L2 R2 L3 R3 L4 R4 L5 R5 L6 R6

Cada muestra se separa dentro del frame en grupos de ocho bits. Cada sample de 16 bits ahora se convierte en 2 de ocho.

L1 LI R1 R1 L2 L2 R2 R2 L3 L3 R3 R3 L4 L4 R4 R4 L5 L5 R5 R5 L6 L6 R6 R6

Esto hace un total de 24 grupos de 8 bits. Esto está representado en la columna 2 de la tabla del IEC 908 que hay al final de los pasos.

Las palabras de 8 bits se cogen de dos en dos, algunas se retrasan de dos en dos y la palabra resultante se intercala (intercalación para corregir errores). Este retraso e intercalado forman la primera parte del proceso de intercalado y paridad CIRC, o código REED-SOLOMON de intercalado cruzado.

A la palabra resultante de 24 byte (24 x 8 bits) (hay que tener en cuenta que se han incluido dos bloques retrasados, por lo que hay partes de esta palabra que pertenecen al bloque que se procesará después, esto es el entrelazado) se le añaden 4 bytes de paridad. Esta paridad es llamada paridad "Q".

Los errores de paridad que se encuentran en esta parte son llamados errores de paridad C1.

Ahora tenemos 24 + 4Q = 28 grupos de 8 bits (bytes) Nuevamente retardamos todos los bloques excepto el primero, pero esta vez cada línea se retarda con diferentes períodos. Cada período es 4 veces retardado. Por eso el primer byte se retrasará 4 bloques, el segundo 8 el tercero 12 etc. El entrelazado disemina la palabra entre otros 28 x 4 = 112 bloques.

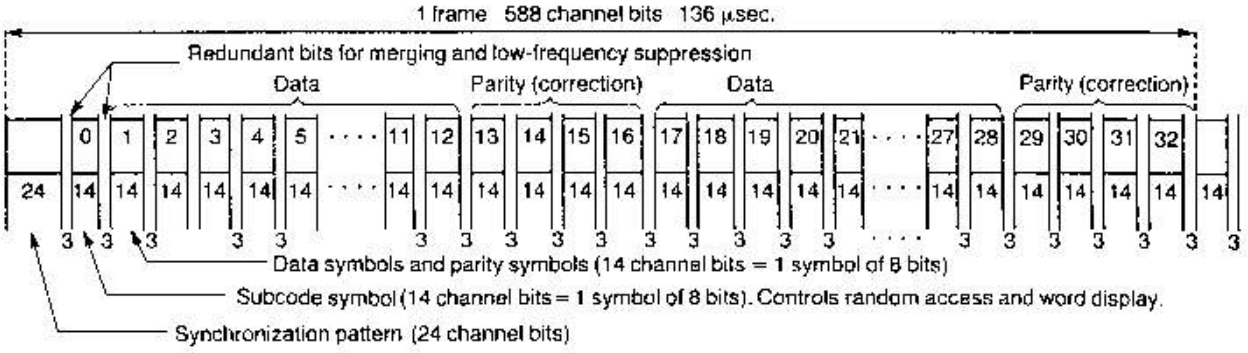
Los bloques resultantes de 28 bytes son otra vez procesados por un generador de paridad. Esto genera 4 bytes más llamados P bytes de paridad, que se colocan al final de las palabras de 28 bytes. La palabra es ahora de 28 + 4 = 32 bytes. Los errores de paridad encontrados en esta zona son los errores de paridad C2.

Finalmente se vuelve a retrasar los bloques, uno si otro no, y los dos códigos de paridad P y Q se invierten (puertas lógicas not) cambiando los ceros por unos y viceversa.

Luego se le añade un subcódigo de 8 bits que es muy importante. Luego hablaré de ellos.

Después de todo esto usamos un modulador de EFM, que ya hemos explicado antes como funciona, (convierte de 8 a 14 bits) y a cada frame se le añaden 24-bits iniciales que sirven para sincronizar e indicar el principio y fin de cada trama. Esta trama de 24 bits es la siguiente:

100000000001000000000010, y cada a cada grupo de 14 bytes o símbolos se les añaden los tres bits de fusión que ya comenté también antes para que servían.


1 frame 588 channel bits 136 μsec.
Redundant bits for merging and low-frequency suppression
Data
Parity (correction)
Data
Parity (correction)
Data symbols and parity symbols (14 channel bits = 1 symbol of 8 bits)
Subcode symbol (14 channel bits = 1 symbol of 8 bits). Controls random access and word display.
Synchronization pattern (24 channel bits)

Resumiendo cada frame está formado por:

1 palabra de sincronización 24 bits
1 subcódigo (8 bits -> EFM -> 14 bits) 14 bits
6*2*2*14 bits de datos 336 bits
8*14 bits de paridad 112 bits
34*3 bits de fusión 102 bits

TOTAL BITS POR CADA TRAMA 588 bits

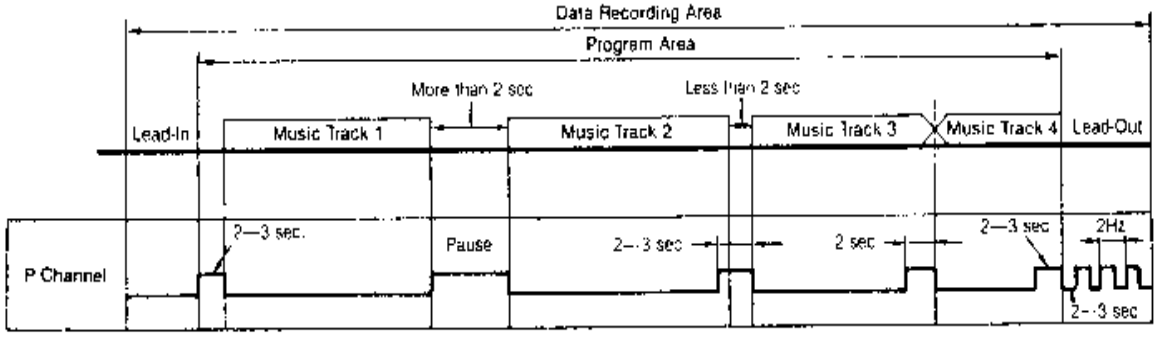
Entonces tenemos tiras de tramas, que forman en su conjunto las canciones. Estas tiras se sincronizan en el tiempo por los 24 bits de sincronización que lee el lector y se va ajustando a ellos. Pero…

2.2.8.10 ¿Cómo sabemos en que pista nos encontramos, o cuanto dura una canción?

Mediante los subcódigos que hay en los frames.

Estos subcódigos de 8 bits se colocan en cada frame. Estos 8 bits reciben cada uno el nombre de una letra, P Q R S T U V W. Se cogen 98 frames (un sector), de ellos se cogen los 98 bytes de subcódigo(98 x 8 bits)(ver grafica anterior), y de esos 98 se juntan los 98 bits P, los 98 bits Q etc. Realmente solo se usan los P y lo Q dejando el resto para futuras versiones de formatos de discos compactos. Dado que para leer una trama se necesitan 136 microsegundos, para leer un subcódigo, debemos leer 98 tramas, lo que nos lleva 13.3 milisegundos. O lo que es lo mismo, 7350 tramas por segundo/ 98 tramas por cada bloque de subcódigo = 75 bloques de subcódigo por segundo.

El **canal P** funciona de la siguiente manera. Si estamos dentro de una canción, este tendrá valor 0 en sus frames, si por el contrario estamos cambiando de canción, tendrá durante unos segundos valor 1. Esto quiere decir que aunque esté sonando el contenido de dentro de la trama, el CD sabrá que está cambiando de canción. Por eso hay canciones que no acaban y pasan a la siguiente pista de una manera imperceptible. Además se utiliza para indicar el fin de la grabación del CD, tomando al final del disco, valores de 0 y 1 consecutiva, lo que crea en el sistema una señal periódica de 2 hercios de frecuencia. Además lleva la sincronización de los subcódigos, para que el lector sepa cuando empieza un bloque de 98 bits. Miremos gráficamente el valor de bit de control P a lo largo del cd, desde el principio (lead in) hasta el final (lead out) y a través de todas las pistas.



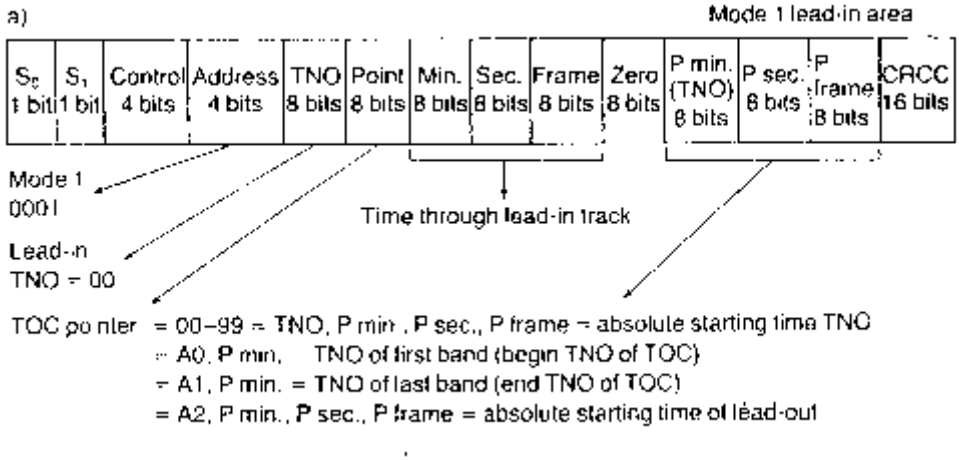
El **canal Q** es mucho más complejo, y contiene mucha más información.

Los primeros dos bits de este canal son de sincronización. (S0 y S1). Los cuatro siguientes (bits 3-6) son los que indican el tipo de información de control. El bit 3 controla el número de canales de sonido (2 o 4, si parece que estaba definido que haya discos compactos con cuatro canales de sonido en vez de dos), el bit 4 no tiene todavía asignación, el bit 5 es la señal que indica que es un CD original y el bit 6 es el "pre-emphasis" bit (¿?). Los cuatro siguientes indican el modo de control (es decir el tipo de datos que tendrán el resto de bits, hay tres tipos distintos de frames de datos). Los siguientes 72 bits son los datos que tiene el tipo de modo de dato y los últimos 16 son datos de redundancia cíclica.

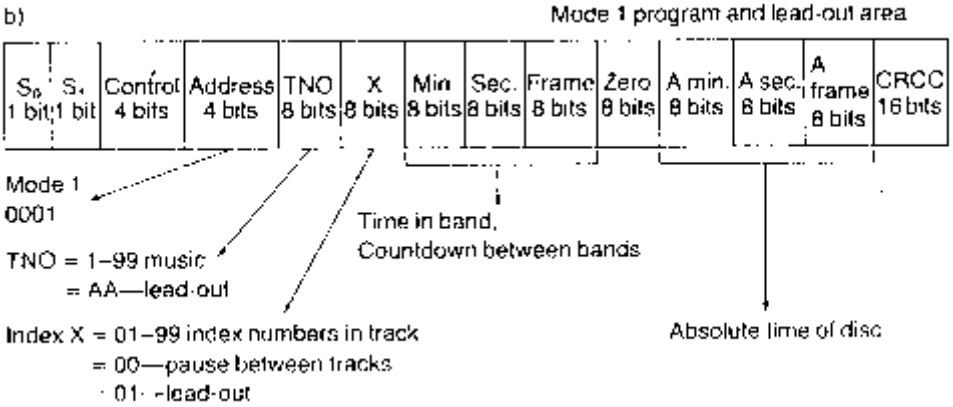
2.2.8.11 Modos de control.

Para acabar explicaré muy por encima los 3 tipos de modos de control.

Modo 1. 0001


a)
Mode 1 lead-in area
S0 1 bit
S1 1 bit
Control 4 bits
Address 4 bits
TNO 8 bits
Point 8 bits
Min. 8 bits
Sec. 8 bits
Frame 8 bits
Zero 8 bits
P min. (TNO) 8 bits
P sec. 8 bits
P frame 8 bits
CRCC 16 bits
Mode 1
0001
Lead-in
TNO = 00
Time through lead-in track
TOC pointer = 00–99 = TNO, P min., P sec., P frame = absolute starting time TNO
= A0, P min. TNO of first band (begin TNO of TOC)
= A1, P min. = TNO of last band (end TNO of TOC)
= A2, P min., P sec., P frame = absolute starting time of lead-out

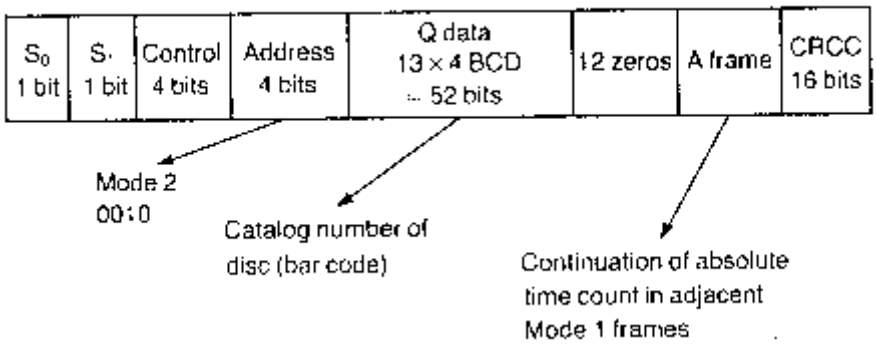
Modo1 al principio del cd (lead in)



Modo 1 en la zona de datos y al final (lead out)

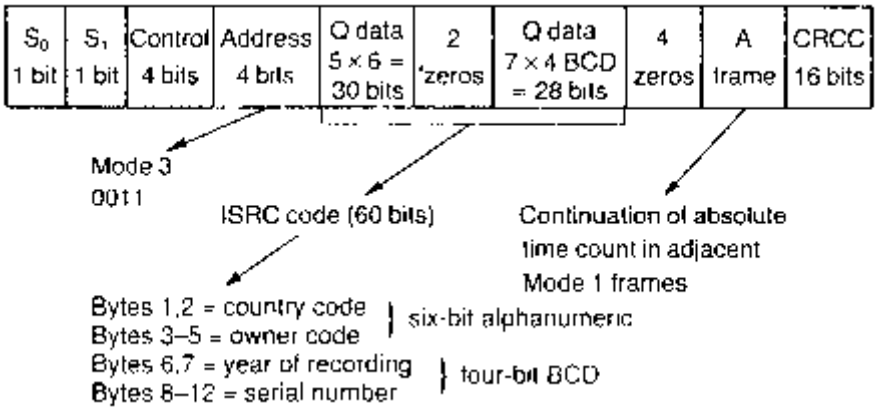
Este modo es diferente según donde se encuentre. Si estamos leyendo el principio del CD (lead in), contiene los datos que usará el lector de CD para saber el número total de canciones, y una tabla con los datos de tiempo en que comienza cada una de ellas. Estos datos se repiten continuamente al principio del CD y así, nos aseguramos que el CD conocerá perfectamente la tabla de contenidos del CD desde el principio. En el resto del disco, el modo uno contendrá el número de canción que se está reproduciendo, el tiempo que lleva de esa canción, el tiempo total del CD.

Modo2. 0010.


S0 1 bit
S1 1 bit
Control 4 bits
Address 4 bits
Q data 13 × 4 BCD = 52 bits
12 zeros
A frame
CRCC 16 bits
Mode 2 0010
Catalog number of disc (bar code)
Continuation of absolute time count in adjacent Mode 1 frames

Este modo contiene el número de serie del CD, además de contener la continuación del contador del tiempo absoluto del CD junto con los datos de frames anteriores con modo 1 en el bit Q.

Modo3. 0011.


S0 1 bit
S1 1 bit
Control 4 bits
Address 4 bits
Q data 5 × 6 = 30 bits
2 zeros
Q data 7 × 4 BCD = 28 bits
4 zeros
A frame
CRCC 16 bits
Mode 3 0011
ISRC code (60 bits)
Continuation of absolute time count in adjacent Mode 1 frames
Bytes 1,2 = country code
Bytes 3–5 = owner code
six-bit alphanumeric
Bytes 6,7 = year of recording
Bytes 8–12 = serial number
four-bit BCD

El Modo 3 contiene códigos ISRC (International Standard Recording Code) que suministra el año de grabación, el numero de trama, el código del país en el que está permitido su uso, y el código del propietario de la música. Pero toda esta información con la evolución de los CD ha ido desapareciendo, y utilizándose de maneras distintas.

2.2.9 Los libros del CD

2.2.9.1 CD-DA (Red book, Libro rojo)

El libro rojo es un documento que provee las especificaciones para el disco compacto estándar desarrollado por Sony y Philips. Cuenta la historia que el documento fue presentado engargolado con pastas rojas, orinando la tradición de los libros de colores para las siguientes especificaciones, y que sería patentado por Philips y Sony.

En el libro Rojo se incluyen las características generales para los discos compactos de audio digital o CD-DA por las siglas de su nombre en inglés Compact Disc Digital Audio, con la capacidad de almacenar alrededor de 74 minutos de audio o 99 pistas de audio digitalizado a 16 bits con una velocidad de muestreo de 44,100 muestras por segundo en un disco de 120 mm de diámetro y 1.2 mm de grosor, compuesto de un substrato de policarbonato plástico como cuerpo principal, una o más capas de metal reflejante y una capa de laca.

Los datos en un CD-DA están organizados en sectores de información, que es el bloque de almacenamiento más pequeño individualmente direccionable. La información es almacenada en marcos de 1/75 de segundo, con 44,100 muestras de 16 bits por segundo en dos canales. Lo que da un tamaño de sector de 2,352 bytes por marco, que es el tamaño total de un bloque físico en un disco compacto.

Los datos en un CD-DA no están arreglados en unidades físicas distintas; los datos son organizados en marcos consistentes de 24 bytes de datos, más bits de sincronización, corrección de errores, control y presentación, que están intercalados de tal forma que los daños al disco no destruyan un solo marco sino pequeñas partes de varios.

Como parte de la alianza, Philips demandó que el invento fuera llamado Disco Compacto y que todos los productos compatibles con estos estándares deberían de portar el logotipo, que igualmente registró bajo su nombre, operación que también había hecho con un invento de ellos 20 años atrás; el casete compacto de cinta magnética. El libro rojo especifica la utilización de código para la detección y corrección de errores para compensar los espacios vacíos de información de audio debido a imperfecciones físicas del disco.

El logotipo para el disco compacto es utilizado para identificar los discos compactos que cumplan con las especificaciones para CD-DA, el estándar IEC 908 y/o la descripción Philips-Sony para sistemas de Disco Compacto de Audio Digital, mejor conocida como libro rojo.

Dos años después, en Octubre de 1982 sale al mercado Japonés el primer reproductor de discos compactos, el Sony CDP-101.

2.2.9.2 CD-ROM (Yellow book, Libro amarillo)

El segundo libro fue escrito en 1983 y es conocido como el "Libro Amarillo" abarcando las bases del Disco Compacto-Memoria de Solo Lectura (CD-ROM), que se convertiría en el estándar para discos compactos para computadora, y significó que cualquier computadora equipada con una platina de CD-ROM podía leer este formato capaz de almacenar alrededor de 650 millones de bytes de datos.

En este estándar se define básicamente cuánto puede almacenar y cómo se define el disco en sectores físicos. El Modo 1 define estándares rigurosos para la corrección de errores para asegurar la integridad de los datos, mientras que el Modo 2 es para el CD-ROM XA. A diferencia del CD-DA, en el cual un byte de información no afecta de manera significativa al sonido, e inclusive al video, en el caso de los datos resulta imperativa la detección y corrección de errores debido a que la variación de un bit puede llevar a la corrupción de la información pudiendo llegar inclusive al bloqueo del equipo por un error de lectura.

El logotipo para el CD-ROM es utilizado para identificar los discos compactos que cumplan con las especificaciones para CD-ROM, el estándar ISO/IEC 10149 y/o la Descripción del Sistema de Disco Compacto Memoria de Sólo Lectura de Philips-Sony, también conocida como libro amarillo

El disco compacto grabable o CD-R (Compact Disc-Recordable) fue desarrollado con estos mismos estándares, aunque están compuestos de otros materiales. Mientras que el CD-ROM utiliza aluminio en su construcción, los discos compactos grabables utilizan oro, lo que hace que su color los haga identificables.

Photo CD

El Photo CD fue desarrollado por Kodak y Philips. Estos discos pueden ser leídos por reproductores especiales para discos PhotoCD, así como por algunos los lectores de disco que soporten el formato CD-ROM/XA y multisesión.

Está diseñado específicamente para el almacenamiento de imágenes.

CD-ROM XA

"XA" es para eXtended Arquitecture o Arquitectura Extendida, que identifica una extensión del formato "Libro Amarillo" que es generalmente consistente con el estándar ISO 9660 para el formato lógico. Este formato fue anunciado como la elección física de Kodak/Philips para el formato Photo CD y desarrollado por Sony, Philips y Microsoft. El formato de Arquitectura eXtendida adoptó algunas de las mejoras multimedia del CD-I incluyendo el audio comprimido ADPCM, así como el video comprimido.

Define dos tipos nuevos de sectores que permiten leer y proyectar datos, gráficos, video y audio al mismo tiempo, siendo estas especificaciones publicadas como una extensión del Libro Amarillo.

El CD-ROM XA contiene sectores Modo 2, esto es, áreas libres para datos extra por la omisión de código para la detección y corrección de errores. Con la finalidad de permitir audio y otros datos intercalados y leídos simultáneamente. Hasta este momento las imágenes tenían que ser cargadas antes de que las pistas de audio pudieran ser reproducidas. Las especificaciones del CD-ROM XA incluye modos de 256 colores, que son compatibles con los formatos de PC y CD-i, y audio con modulación Adaptiva Diferencial Pulso Código (Adaptive Differential Pulse Code Modulation, ADPCM), que también está definido para el CD-i, Photo CD, Video CD y el CD Extra, que también estuvieron basados en el CD-ROM XA.

2.2.9.3 CD-I (Green book, Libro Verde)

El tercer libro fue publicado en 1986 y conocido como "Libro Verde", abarca la tecnología del disco compacto interactivo o CD-I y detalla la sincronía de audio con pistas de datos en un CD-ROM para proveer servicios como video en tiempo real combinado con interacción del usuario. Philips Interactive fue la principal empresa que comerció esta tecnología.

2.2.9.4 Orange book, Libro naranja

El cuarto libro, "Libro Naranja", fue publicado en 1990 y estaba dividido en dos secciones. La primera parte refiere la tecnología magnetooptica y la segunda con el primer formato de disco compacto grabable o CD-R. Independientemente de estas secciones se liberó una tercera que describe los discos compactos reescribibles o regrabables, también conocidos por sus siglas en inglés CD-RW de Compact Disc Rewritable.

Es una delineación de la tecnología de disco compacto reescribible, inicialmente llamado CD-E por CD-Eraseable o disco compacto borrable, que permite reemplazar los datos y puede ser utilizado de manera similar a un disquete, con la diferencia de que es un medio de almacenamiento de mucho mayor capacidad. Esta tecnología llegó al mercado como CD-RW por CD ReWritable, disco compacto reescribible, en el que los datos pueden ser escritos, borrados y reescritos, permitiendo un medio de almacenamiento portable de gran capacidad.

Además de la definición de estos estándares, el libro naranja incluye información sobre la organización de los datos, multisesión, discos híbridos, modulación de preparación para grabado (pregroove modulation) para el control del motor durante la escritura y recomendaciones para la medición de reflectividad, medio ambiente y velocidad de la luz.

Las especificaciones del libro naranja permitieron por primera vez la escritura de discos en escritorio. Hasta este momento los discos compactos

habían sido de música de sólo lectura (CD-DA), para ser leídos en reproductores de disco compacto y multimedia (CD-ROM), para ser utilizados en computadoras. Después del Libro naranja, cualquier usuario con una platina grabadora de discos compactos podía crear sus propios discos en una computadora personal.

CD-MO

La tecnología de Disco Compacto Magneto-óptico, también conocido por las siglas de su nombre en inglés CD-MO Magneto-Optical Compact Disc, es un formato de disco compacto que utiliza campos magnéticos para el almacenamiento de datos y fue definido por Philips y Sony en 1990 para el Estándar de Disco Compacto Grabable, informalmente conocido como el Libro naranja.

Los discos CD-MO teóricamente pueden ser reescritos una cantidad ilimitada de veces debido a su construcción de una aleación de Ferrita de Terbio y Cobalto. La lectura de un disco MO está basada en el efecto Kerr. En el efecto Kerr la luz linear polarizada es deflectada cuando es influenciada por un campo magnético, y el plano de polarización es desviado. El método MO cambia las características magnéticas de pequeñas áreas en la superficie del disco para que el rayo láser sea reflejado de manera distinta en áreas alteradas que de las no alteradas.

Permite que las pistas sean borradas y reescritas en discos compactos de 12cm que están diseñados para permitir millones de reescrituras. Las platinas para estos discos cuentan con 2 cabezales, uno para leer/escribir y otro para borrar en un proceso de dos pasos. La información de sistema puede ser escrita permanentemente en una pequeña área predefinida, con el resto disponible para grabación y regrabación.

Al escribir en el disco, un rayo láser es enfocado en un punto extremadamente pequeño y la aleación es calentada a una temperatura específica llamada punto Curie, suficiente para causar que se pierdan que las propiedades ferromagnéticas de las partículas elementales alineadas. Un electromagneto es posicionado en el otro lado del disco, cambiando la polaridad de las partículas, cuyas diferencias serán codificadas como datos binarios para el almacenamiento. Como otros medios ópticos tales como el DVD y otros formatos de disco compacto, el CD-MO es leído por un rayo láser, lo que lo hace más confiable que un disco duro y muchísimo más que un disquete, aunque un campo magnético fuerte puede corromper los datos almacenados.

CD-R

Los productos CD-R puede ser escritos sólo una vez, de manera similar a los WORM (Write Once Read Many, Escribir una Vez Leer Muchas). Una platina CD-R puede escribir en discos compactos que tienen capas de material específico para grabar y pistas premarcadas (pregrooved). Las primeras pistas son un área para calibración de programa que es seguida de un área de entrada (lead in), en donde se escribirá la tabla e contenido, luego sigue el área de programa, en donde el usuario graba la

información para finalmente llegar al área de salida (lead out). Existen también discos que incluyen áreas de sólo lectura y de grabación.

CD-RW

Las especificaciones para el disco compacto reescribible, también conocido como CD-RW (Compact Disc ReWritable) fueron desarrolladas y presentadas por Hewlett-Packard, Mitsubishi, Ricoh, Philips y Sony en 1997 como una extensión al Libro naranja original, creando el Libro naranja III, dejando el Libro naranja I para el CD-MO y el II parra el CD-R. Este anexo especifica la utilización de tecnología de cambio de fase (Phase Change) y el Formato Universal de Disco, mejor conocido como UDF por su nombre en inglés Universal Disc Format, para producir un disco que puede ser reescrito en una sola pasada. CD-RW hace posible que el usuario pueda escribir y reescribir el disco

En un CD-RW, la capa de grabación es de una aleación que puede cambiar su estado hacia y desde una forma cristalina al ser expuesto a una frecuencia específica de luz. Los patrones formados son más homogéneos que aquellos de otros formatos de disco compacto, por lo cual requieren de un dispositivo más sensible para reproducción. Sólo las platinas y reproductores llamadas de Multilectura (multiread) son capaces de leer discos CD-RW con un buen nivel de confiabilidad.

De manera similar a como funcionan los CD-Rs, en el CD-RW el substrato de policarbonato está premarcado con una cavidad en espiral para guiar el láser. La capa de aleación para grabación por cambio de fase, que es comunmente una mezcla de plata, indio, antimonio y telurio, está entre dos capas de material dieléctrico que absorbe el exceso de calor de la capa de grabación. Después de calentar a punto curie, la aleación se vuelve cristalina al enfriarse, mientras que al ser calentado a una temperatura superior se volverá amorfo al enfriarse. Estos cambios de temperatura se logran controlando el láser, creando áreas cristalinas que reflejan el láser, mientras que las amorfas lo absorberán creando datos binarios que pueden ser descodificados al ser leído el disco. Para borrar o escribir sobre los datos grabados, se utiliza el láser para hacer amorfa la capa de grabación, que posteriormente serán grabadas creando zonas cristalinas.

Un CD-RW puede ser reescrito hasta 1,000 veces y con software para escritura por paquetes y una platina compatible con CD-RW, es posible guardar datos en un CD-RW de la misma forma en que se hace con un disquete.

2.2.9.5 Video CD (White book, Libro blanco)

Liberado en 1993 por Sony, Philips, Matsushita y JVC (Japan Victor Company) y constituye las especificaciones para lo que es conocido como Disco Compacto de Video o VCD, por las siglas de su nombre en inglés Video Compact Disc, conteniendo los estándares para la compresión de datos utilizada para proyectar grandes cantidades de audio y video en una computadora doméstica. Como se define en el documento, es una adaptación particular del CD-ROM XA, que está diseñado para dar cabida a

datos de video MPEG-1. La estructura de sectores del CD-ROM XA, descrita en el Libro amarillo y el ISO 9660, es utilizado para definir los bloques lógicos y físicos, mientras que MPEG-1 es utilizado para comprimir datos para que video de pantalla y movimiento completos puedan ser contenidos en el disco. Sin la compresión, el disco únicamente podía contener 2 minutos de video. La resolución de VCD es similar a la del VHS.

Las especificaciones del Libro blanco incluyen el formato del disco, tal como el uso de pistas, una estructura de recuperación de datos compatible con el ISO 9660, campos de datos para habilitar el avance y regreso rápidos, y títulos en pantalla. VCD, Photo CD y el Karaoke CD son definidos como discos puente, un formato basado en el CD-ROM XA que permite a los discos trabajar en platinas compatibles con CD-ROM y CD-i.

En la versión 1.1. Este estándar es el sucesor del CD de Karaoke de JVC. Desde principios de 1994 Philips produce títulos que contienen vídeo lineal para CD-i en el formato CD de vídeo en lugar del formato que usaba anteriormente, el formato movie-CD-i.

En 1995 Philips, Sony, Matsushita y JVC definieron la versión 2.0 del CD de vídeo. Esta especificación permite más interactividad que la versión 1.1 y se puede usar no sólo para vídeo lineal, sino también para aplicaciones interactivas.

Los discos compactos de video pueden almacenar más de 70 minutos de vídeo digital con calidad de televisión. Estos requieren unidades CD-ROM/XA.

En 1997 se libera el VCD-Internet y SuperVCD en 1998, todas ellas extensiones del Libro blanco. Las características del Video CD fueron superadas por el Disco de Video Digital que llegara al mercado bajo el nombre de Disco Versátil Digital ó DVD, una tecnología producida principalmente por Sony, Philips y Toshiba, que aunque el disco no es compatible con los lectores tradicionales de disco compacto, cumple con los estándares de lo que el libro blanco había previsto para un futuro.

2.2.9.6 E-CD (Blue book, Libro azul)

Este estándar fue desarrollado en 1995 como suplemento del Libro Naranja de 1988 y define la multisesión estampada (stamped multisession), y también es conocido com Disco Compacto mejorado o E-CD por las siglas de su nombre en inglés, Enhanced Compact Disc).

En esta modalidad se pueden incluir datos multimedia tales como videos cortos, texto e imágenes en un disco compacto de audio. Los discos fabricados bajo este estándar funcionan normalmente en un reproductor de CD-DA y presentan la información adicional cuando son reproducidos en un dispositivo con capacidades multimedia, como una unidad lectora de CD-ROM o CD-I

Se definen 2 sesiones; la primera conteniendo hasta 99 pistas de audio conforme al Libro rojo y una segunda sesión que cumple con la especificación del Libro amarillo. Entre otras características, puede contener una estructura de directorio compatible con la ISO 9660 para organizar los varios tipos de datos y está soportado como una definición licenciada estándar de Philips, Sony, Microsoft y Apple.

Variaciones de formatos estándar

Las variaciones de los formatos estándar constituyen un enlace entre los distintos estándares a manera de puente o combinaciones de los estándares para satisfacer una necesidad tecnológica específica.

ISO 9660

El formato ISO 9660 es ampliamente aceptado como un estándar lógico de formato de archivos utilizado para CD-ROM. Traduce la información de los sectores del disco en un un árbol simple de directorios y archivo. Aun cuando es leído por los equipos PC y Mac, las Mac requieren de características específicas para acceder a discos ISO 9660.

Este estándar fue aceptado en 1988 y fue escrito por un grupo de la industria llamado High Sierra, y existen varios niveles en la especificación. En el nivel 1, los nombres deben de estar en el formato 8.3 (8 caracteres para el nombre, punto y 3 caracteres para la extensión o sufijo) y en letras mayúsculas; los nombres de los directorios no pueden ser mayores a 8 caracteres y no pueden existir más de 8 niveles en el arbol de directorios. Las especificaciones de nivel 2 y 3 aceptan nombres de archivo de hasta 32 caracteres

Joliet

Es una extensión del ISO 9660 desarrollado por Microsoft, que permite la utilización de caracteres Unicode en nombres de archivos, lo que era necesario para usuarios internacionales, así como nombres de archivo de hasta 64 caracteres.

HFS

HFS son las siglas en inglés para Sistema de Archivos Jerárquico o Hierarchical File System, que es un formato lógico de archivos específico de Macintosh. Estos discos no pueden ser leídos en equipos PC.

2.2.10 Avances aplicados al CD-A

2.2.10.1 XRCD

El XRCD (Extended Resolution Compact Disc) CD resolución extendida, está manufacturado por JVC brindando una calidad de audio superior al CD convencional y es el resultado de dos años de pruebas e investigaciones de un grupo internacional de productores e ingenieros.

Existe una obvia ganancia de claridad, transparencia y dinamismo del XRCD; también permite escuchar lo que tanto el productor como el artista, querían lograr.

El XRCD (Extended Resolution Compact Disc) CD resolución extendida, está manufacturado por JVC brindando una calidad de audio superior al CD convencional y es el resultado de dos años de pruebas e investigaciones de un grupo internacional de productores e ingenieros.

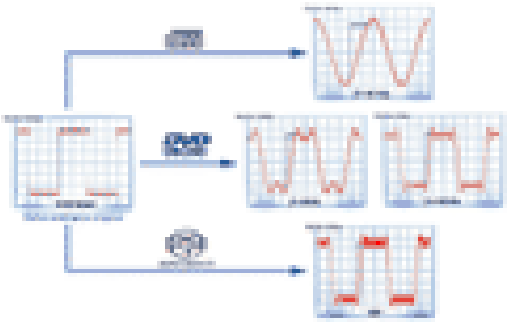
Existe una obvia ganancia de claridad, transparencia y dinamismo del XRCD; también permite escuchar lo que tanto el productor como el artista, querían lograr.

Con el XRCD no se necesita tener un equipo adicional o agregar algún convertidor para disfrutar de sus beneficios de proceso del XRCD.

Es resultado de la optimización en masterización y fabricación del *CD*. El cuidado y el tiempo empleado en su creación, supera ampliamente a cualquier otro *CD*. Se requiere de un sofisticado análisis hecho por audiófilos y con los instrumentos de medición para evaluar cada paso de la transformación de la señal, desde el principio del proceso de masterización hasta la fabricación final del disco. El grado de sofisticación es tal, que sólo existe una línea de producción para las facilidades de fabricación con la suficiente calidad del XRCD y se encuentra en Yokohama, Japón.

El XRCD2 representa su evolución, no requiere de equipo, chips o procesadores especial para su reproducción. La diferencia de estos CDs radica en que a la hora de efectuar la grabación, la señal análoga es tomada directamente de la consola de masterización y digitalizada, usando el convertidor análogo a digital JVCK2 de 20 bits; y en que los procesos normales de grabación utilizan convertidores de menor bit rate y brinda definición más clara y mayor calidad de CD.

2.2.9.2 El HDCD



Casi desde que apareció el *compact disc*, dos ingenieros (que luego fundarían Pacific Microsonics) comenzaron a pensar en métodos para mejorarlo. En 1995 dieron con una ingeniosa solución que vinieron a llamar HDCD. Contrariamente a lo que pueda parecer, no son las siglas de *High Definition Compact Disc* sino de *High Definition Compatible Digital*, pues no necesariamente hace falta un disco compacto para disfrutarlo. Y es que el HDCD no es un soporte para almacenar audio, sino una técnica de masterización cuyos procesos incluyen desde la grabación en estudio de las voces e instrumentos hasta su posterior codificación en un medio físico como pueda ser un CD, un DAT o un MiniDisc. Una de sus mayores virtudes es su compatibilidad con cualquier reproductor convencional, sin necesidad de estar dotado de ninguna característica especial.

Para explicar su funcionamiento vamos a centrarnos en el caso concreto del HDCD aplicado a los discos compactos. El proceso comienza en el estudio de sonido, donde el master original de la grabación se digitaliza a 176.400 Hz y 24 bits. Mediante un convertidor de frecuencia se reduce la tasa de muestreo a la mitad dos veces, primero a 88.200 Hz y luego a 44.100 Hz. A continuación, se llevan a cabo dos procesos destinados a reducir el flujo de datos de 24 a 16 bits (el estándar CD Audio). El primero es la limitación de picos (*peaks*) de señal mediante el cual se rebaja la frecuencia cuando ésta alcanza valores extremadamente altos. El segundo es la compresión de la gama dinámica, que se basa en analizar los niveles de la grabación y, tras hallar la media, rebajar aquellas frecuencias que caen muy por debajo de ella. Ambos procesos se llevan a cabo con sofisticados algoritmos que suavizan estas reducciones para que sean lo menos drásticas posibles. Con esto se consigue audio en 44,1 kHz y 16 bits apto para "estamparlo" en un CD.

Pero lo realmente interesante es que estos dos procesos no son del todo "destructivos"; a medida que se aplican se van almacenando instrucciones destinadas a intentar restaurar posteriormente la señal de la que se partió, es decir, la que se encontraba a 24 bits. Por ejemplo, si en el milisegundo número 5.315 la frecuencia se redujo en 3 decibelios, se almacena una instrucción que indicará luego al decodificador HDCD que debe incrementar la señal justamente esos 3 decibelios. Pero ¿cómo se consigue introducir esas instrucciones en el flujo de datos de un CD? Teniendo en cuenta que obligatoriamente hay que ceñirse a los 16 bits por canal y muestreo, a los ingenieros de Pacific Microsonics se les ocurrió emplear el bit menos significativo (conocido como LSB) de esos 16 bits. De esta forma, el dato inicial que contuviese (0 ó 1) se sustituiría por otro bit (también 0 ó 1) pero esta vez perteneciente a una instrucción HDCD. El oído humano no percibe la diferencia pues la variación entre, por ejemplo, una frecuencia con valor 43.566 y otra con valor 43.567 es mínima. Juntando varios bits LSB pertenecientes a varias muestras (que además no se

encuentran inmediatamente unas detrás de otras) según un patrón fijo, se introduce en el flujo de datos un "ruido digital" imperceptible para nuestros oídos pero que, en la práctica, compone una instrucción reconocible por un chip HDCD. Además, estas instrucciones no se introducen continuamente, sólo cuando se necesitan, lo que en la práctica se traduce en menos de un 5% del tiempo total de reproducción.

Cuando se introduce un disco compacto grabado en HDCD en un lector de CD tradicional, escucharemos el sonido PCM a 16 bits al que estamos acostumbrados, quizás con mayor calidad al haberse digitalizado con tanto esmero. Pero cuando ese mismo disco lo introducimos en un lector dotado de circuitos HDCD, la diferencia será notable. El chip decodificador va recogiendo las instrucciones "camufladas" en el disco y lleva a cabo los procesos contrarios a cuando se grabó; esto es, extensión de picos y aumento de ganancia basada en el nivel promedio de la grabación. Tras haber conseguido con esto expandir el rango dinámico de la grabación, el decodificador aplica una serie de filtros para mejorar aún más la ganancia y duplica la frecuencia de muestreo de la señal conseguida utilizando técnicas avanzadas de interpolación. Con esto se consigue un resultado equivalente a una digitalización de casi 20 bits en lugar de los 16 del CD Audio.

El chip de audio PMD100 de Pacific Microsonics incluye decodificadores HDCD y filtros HDCD, proporcionando un amplio panorama en cuanto a la alta fidelidad de sistemas de audio con más de 100 modelos equipados con HDCD, se encuentran disponibles en compañías líderes en electrónica como Denon, Harman Kardon, Rotel y Toshiba. Estos nuevos chips se utilizarán dentro de un amplio campo de productos de playback así como en los aparatos de DVD, receptores A/V, sistemas de minicomponentes, MiniDisc y reproductores portátiles de CD.

A pesar de que actualmente el número de discos compactos grabados en HDCD es de unos 5.000, el número de aparatos reproductores con hardware capaz de decodificar HDCD es aún muy pequeño. Eso sí, el hecho de que la compañía poseedora del *copyright*, Pacific Microsonics, fuera comprada por el gigante Microsoft en el año 2000, y su tecnología incorporada en Windows al reproductor Media Player, sin duda hará que mucha más gente pueda disfrutar de los discos HDCD tal y como fueron concebidos para ser leídos.

Es muy interesante saber que en el entorno CD existe un secretismo muy elevado, tanto es así que ni siquiera el propio fabricante especifica el funcionamiento, únicamente se refieren de una forma como lo he hecho yo. Del mismo modo, aunque hardware hay el suficiente (aunque no es mucho), el software de descodificación es inexistente, únicamente reconoce discos codificados HDCD, el Microsoft Windows Media Player, ya que microsoft adquirió los derechos del HDCD.

2.3 El Super Audio CD

2.3.1 Introducción

En los comienzos de los 80s, el disco compacto presentó la supremacía del audio digital en el mercado del consumidor. Sin embargo, los audiófilos de Pro todavía estaban buscando un mejor sistema de grabación de sonido que pudiera proporcionar la transparencia de la música analógica, sin las desventajas de la mayor parte de los sistema de grabación analógica que se habían construido hasta el momento. Gracias a las mejoras recientes en la tecnología de interpretación óptica, tal cualidad puede ser propuesta ahora: SACD es presentado como un formato de sonido de nueva generación que aprovecha el disco digital estándar (12cm), particularmente en relación con la integridad de datos y el tamaño mientras está tan cerca de las señales analógicas originales como un formato digital puede proporcionar.

En la actualidad, la introducción de un nuevo formato no es nada más que el resultado de la gran invención de una compañía. Primero, un nuevo sistema de grabación como SACD incluye algunos descubrimientos técnicos (la mejora de sonido, la compatibilidad, la protección de derecho de autor,....) Que haber sido desarrollado en laboratorios varios alrededor de todo el mundo. Además, muchas compañías tienen que reunirse alrededor de tal nuevo formato, para las razones financieras obvias, pero también para la normalización de los productos relacionados. Aunque Philips y Sony moldean el núcleo del proyecto de SACD, muchas otras compañías (especialmente en la edición de disco) han tomado parte en las especificaciones originales, y muchos fabricantes se han reunido con el grupo para promocionar (y vender) productos sobre la base de esta nueva tecnología.

El propósito de este apartado es proveer una descripción exhaustiva de la tecnología de SACD. Efectivamente, SACD es anunciado como un nuevo formato de sonido caro a menudo, que propone uno mejora de la resolución sonora respecto a los actuales sistemas de mientras es compatible con los reproductores de discos compactos actuales. Pero por supuesto hay mucho mas que decir sobre el SACD, particularmente para aquellos que están interesado en los productos de fabricación sobre la base de esta nueva tecnología, pero también para audiófilos a quienes les gustaría comprender cómo va a ser mejorada la calidad de la música.

Ahora, analicemos SACD: de sus especificaciones técnicas originales hasta su excelente sistema de protección de derecho de autor, con los detalles completos sobre el soporte híbrido y las nuevas tecnologías como el DSD (Direct Stream Digital o Flujo Digital Directo) y DST (Direct Stream

Transfer o Transferencia Directa del Flujo), así como las especifcaciones originales del SACD.

Las compañías de Edición de música de todo el mundo, que están interesado en el disco de audio de alta-densidad de nueva generación (entre otras cosas, para conseguir un sistema mejor para la protección del derecho de autor que en el vetusto CD), se reunieron hace algunos años en un comité directivo internacional (ISC o International Steering Committee). Al lado de directores de las seis principales compañías de edición a nivel mundial, las tres asociaciones de comercio más importantes de la industria de grabación también se hicieron socias del ISC: la Asociación de Industrias Grabadoras Estadounidenses (RIAA, Recording Industry Association of America), la Asociación de la industria de grabación de la federación internacional de Japón (RIAJ, Recording Industry Association of Japan) y la Federación Europea Internacional de Industria Fonográfica (IFPI, Europe's International Federation of Phonographic Industry).

2.3.1.1 Especificaciones Técnicas Requeridas

El ISC, rápidamente, ha puesto una "Lista de Especificaciones" de requisitos técnicos fundamentales con respecto a la próxima generación del disco de sonido digital. Pronto pareció obvio que cualquier solución para este nuevo formato requeriría la aprobación del ISC, que posee los derechos de autor para que la música sea escrita en tal disco.... Los 13 puntos clave que debía cumplir el nuevo disco de audio son detallados abajo. Entonces, la conformidad de SACD con todos estos requisitos fue presentada en breve.

1 Sistema Activo de Control del derecho de autor (ACMS “Active Copyright Management System”)

El nuevo formato debe aceptar cualquier dato, circuito, o mecanismo o IC requerido por el Sistema Activo de Control del derecho de autor (ACMS). También debe ser compatible con cualquier sistema previo de derecho de autor.

2 La identificación del derecho de autor (Copyright Identification)

La información de datos requerida por ACMS e ISRC (ISO3901) debe ser incluida en la señal de audio digital del nuevo formato, y transmitida a través de cualquier salida digital.

3 Las medidas anti-piratería

Los discos pregrabados deben incluir claves SID. El formato digital de sonido también debe proveer el suficiente espacio para incluir el derecho de autor y los datos de información anti-piratería. Todos los discos grabables

deben ser fácilmente identificables para evitar la confusión con discos pregrabados. Si es posible, las claves de ISD deben ser escritas en discos grabables de CD. Tomar nota que los dispositivos deben generar y grabar toda la siguiente información: una clave de identificación para saber la marca, el modelo y número de serie del dispositivo de grabación, una clave adicional escrita en el disco, la cuál incluye el tiempo total de grabación del dispositivo y la cantidad de discos que han sido grabado con este dispositivo (Lógicamente, no se debe poder resetear este contador)

4 La compatibilidad

El nuevo sistema debe reproducir discos Audio-CD (CD-DA) . Los Discos acordes al nuevo formato también deben tener una capa compatible con los reproductores de CD actuales.

5 Audio, Video y almacenamiento de datos

Además de audio, el nuevo formato debe poder incluir video y áreas de datos.

6 El acceso condicional

No debe haber ningún acceso condicional para el contenido de sonido del disco. Sin embargo, el contenido adicional puede ser solo accesible por las personas autorizadas.

7 Alta Calidad en Sonido estéreo de 2 canales y multicanal de 6.

El nuevo sistema debe suministrar 8 canales de salida independiente con las siguientes características: 2 canales estereo de Alta Calidad y 6 canales adicionales con la máxima calidad permitida por el espacio restante en el disco
El método de compresión debe usar un algoritmo certificado

8 Archivo y transferencia de la copia master sin pérdida de calidad sonora.

Los datos de Audio procedentes de los masters actuales deben ser transferidos al nuevo soporte sin ninguna pérdida en la calidad sonora. Por otro lado, el nuevo formato debe proporcionar la trasferencia a la señal de sonido digital actual (incluyendo señales 16 - bits / 44.1kHz).

9 Funciones extendidas del disco, incluyendo texto

Estas funciones ampliadas deben proporcionar las ventajas obligatorias (título de disco, nombres de los autores, títulos de pista, números de pista e índice, siguen de forma paralela los números y el índice, componentes de video, e información del tiempo), incluyendo muchas opciones.

10 Formato

El disco no debe incluir ninguna caja o cartucho para la reproducción.

11 La durabilidad

El nuevo sistema, respecto del CD, debe presentar discos compactos con una mejor protección a las alteraciones menores, como rayas.

12 Caras del disco

Es preferible que el disco sea de una sola cara.

13 Tamaño del disco

Es preferible que el disco sea de 12 centímetros de diámetro de (4.75)

Hasta ahora, solamente el formato de SACD cumple todos los requisitos anteriores, particularmente el cuarto que asegura la compatibilidad de discos de alta-densidad con los reproductores de discos compactos existentes. Tal compatibilidad, que es requerida a la vista de los 500 millones de reproductores de discos compactos actualmente en el mercado, está garantizada gracias a la estructura de disco híbrida del disco de SACD, que incluye una capa reflexiva "CD libro rojo" compatible, es obvio que los 10 billones de discos compactos en el mercado también tienen que ser aceptado por nuevos reproductores de audio de alto-densidad.

Respecto al derecho de autor, SACD ha optado por el Digital Watermarking (marca de agua digital) completamente transparente, que puede incluir en el disco códigos, IS, ISRC, y SID. Es también fácil diferenciar las copias piratas SACD frente a las originales, gracias a las visibles e invisibles Digital Watermarks (marcas de agua digital), que además no pueden ser retiradas fácilmente.

Las dificultades del DVD-audio para tener un buen sistema de protección del copyright también ha sido útil para promocionar el Digital Watermarking del SACD como una de las medida anti-piratería más seguras.

Una de las características más atractiva del SACD es por supuesto su muy elevada calidad de sonido, que parece ser inigualable actualmente en el Audio Digital. Con una respuesta en frecuencia desde DC a 100kHz, además de un rango dinámico mayor a 120dB a lo largo de la banda de audio, el SACD puede reproducir las pistas de música originales con sus detalles más diminutos, cualquiera que sea el modo de sonido, estéreo o multicanal.
Como Resumen, SACD cubre los 13 requisitos de las especificaciones del ISC para un nuevo formato de sonido digital de alta-densidad, gracias a sus 5 principales tecnologías:

2.3.1.2 Resumen de las tecnologías utilizadas en el SACD

1. La tecnología de **disco híbrido** hace que los discos de SACD sean compatibles, tanto con reproductores SACD como con reproductores de discos compactos convencionales. Tales discos están hechos de dos capas: una capa de CD normal y una capa adicional semi-transparente de alta-densidad.

2. **Direct Stream Digital** (DSD o Flujo Digital Directo) es usado para transformar una forma de onda de sonido original en una representación de 1 bit que usa una frecuencia de muestreo de 2.8224 MHz. Esto da resultado a una calidad de sonido nunca conseguida hasta ahora por reproductores de audio digitales.

3. **Super Bit Mapping Direct** (SBMP) es un sistema de reconversión a frecuencias de muestreo inferiores (downconversión) que provee la mejor calidad de sonido en cualquier formato digital disponible actualmente (incluyendo / 16-bit 44.1 kHz) de una señal DSD original.

4. **Direct Stream Transfer** (codificación por transferencia del flujo directo) ha sido desarrollada para incrementar la capacidad de datos sobre el disco óptico, para que este pueda combinar 2 canales estereo, multicanal de 6 canales, texto adicional, gráficos e información de video, todo ello sobre un disco de 12 cm y una sola cara.

5. **Digital Watermarking** es una de las mejores protecciones del copyright y uno de los mejores sistemas anti-piratería.

2.3.2 Formatos

Se propusieron 3 diferentes formatos para el SACD:
Simple Capa de Alta Densidad y 4.7 GB
Doble Capa de Alta Densidad y 8.5 GB
Formato Híbrido con una capa de Alta Densidad y 4.7 GB y una capa CD de 780 MB

Se ha impuesto este último formato ya que supone la compatibilidad con los mas de 500 millones de reproductores CD repartidos por todo el mundo.

2.3.3 El disco híbrido

El disco híbrido de SACD cumple cada uno de los cuatro requisitos del ISC: tenemos un disco de 12 cm y una sola cara, igual que el CD, además puede reproducirse en reproductores CD convencionales debido a una capa completamente compatible con las especificaciones "Red Book". Esta compatibilidad da existencia al doble de títulos de música (CDs existente y nuevos discos de alta-densidad). Es obvio que el formato CD no desaparecerá inmediatamente después de la introducción de un nuevo formato de alta-densidad. Definitivamente, una capa semi-transparente, que contiene los datos de alta-

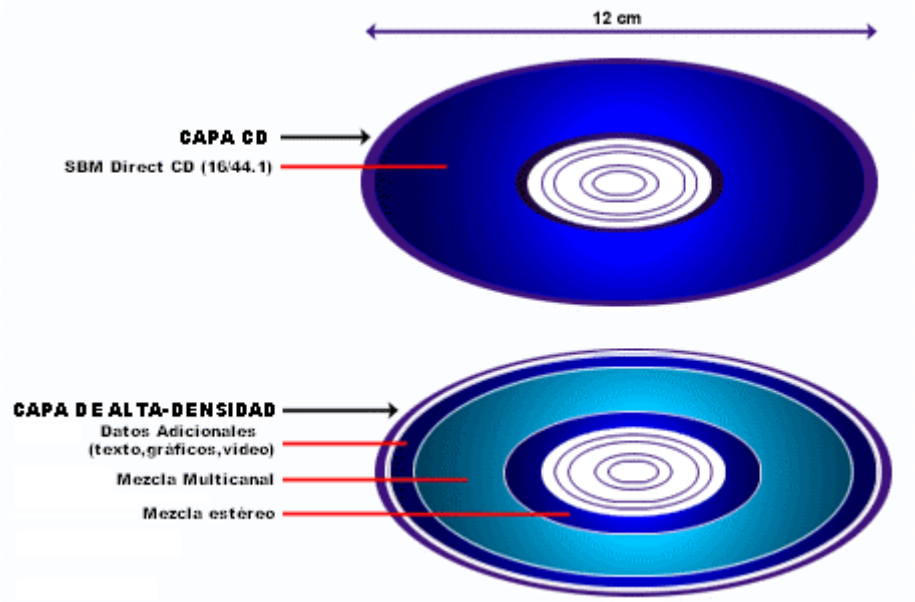
densidad, es superpuesta a la capa de CD convencional para proporcionar la máxima calidad sonara posible (punto 7 en las especificaciones del ISC).

Por consiguiente, un rayo láser del reproductor de discos compactos convencional leerá a través de la capa de semi-transmisión de un disco híbrido, mientras que un rayo láser de SACD leerá la señal de DSD de la capa semi-reflexiva.

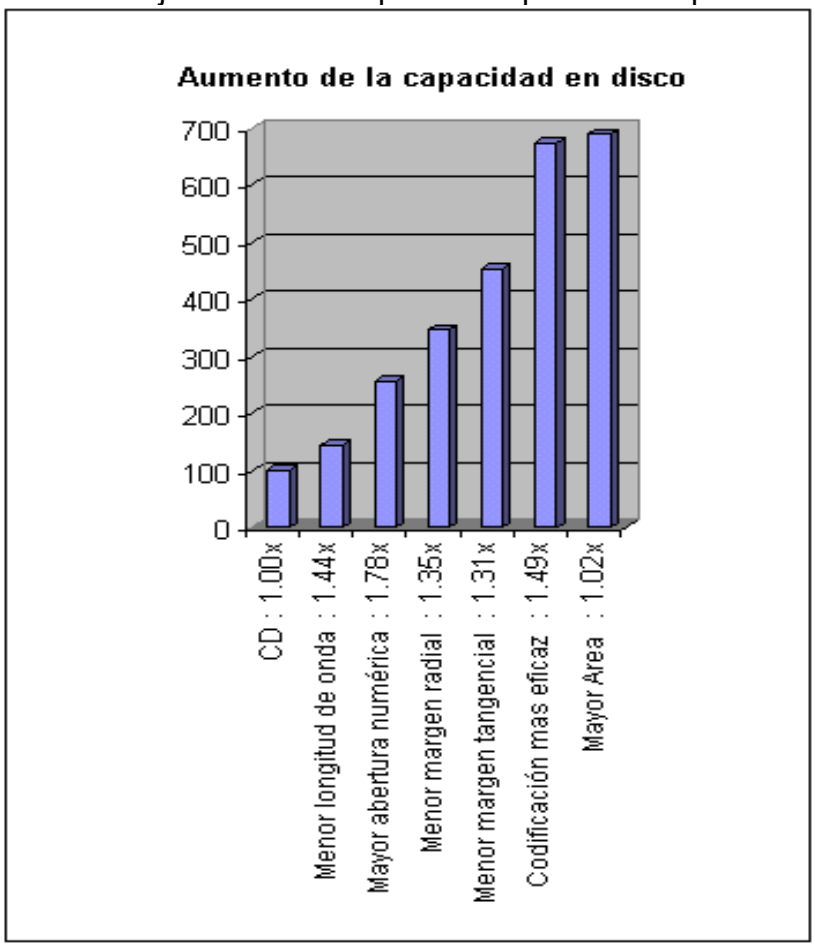
Comparación técnica entre un CD convencional y SACD:

	Compact Disc Convencional	Super Audio CD
Diámetro	120 mm (4-3/4 ")	120 mm (4-3/4 ")
Grosor	1.2 mm (1/20 ")	2 * 0.69 mm = 1.2 mm (1/20 ")
Error de grosor máximo en el Substrato	+/-100um	+/-30um
Caras de Señal	1	1
Capas de Señal	1	2: capa reflexiva CD + capa semi-reflexiva de alta densidad
Capacidad de Datos Capa Reflexiva Capa Semi-reflexiva	 680 MB -	 680 MB 4.7 GB
Codificación de Audio Audio Estándar Audio Alta-Densidad Multicanal	 16-bit / 44.1kHz - -	 16-bit / 44.1 kHz 1 - bit DSD / 2.8224 MHz 6 canales DSD
Respuesta en frecuencia	5 - 20,000 Hz.	DC(0) - 100,000 Hz (DSD)
Margen Dinámico	96dB a lo largo del Ancho de Banda de Audio	120dB a lo largo del Ancho de Banda de Audio (DSD)
Tiempo de reproducción	74 minutos	74 minutos
Capacidad Extra	CD Text	Texto, Gráficos, y Video

La idea principal en el formato de disco híbrido es combinar tecnologías tanto conocidas, CD y DVD, respectivamente para mantener la compatibilidad con los millones de reproductores de discos compactos en el mercado, y usar las herramientas de proceso de DVD - video existentes para hacer un disco de dos capas, Para añadir una capa de alta-densidad sobre una capa CD reflexiva.



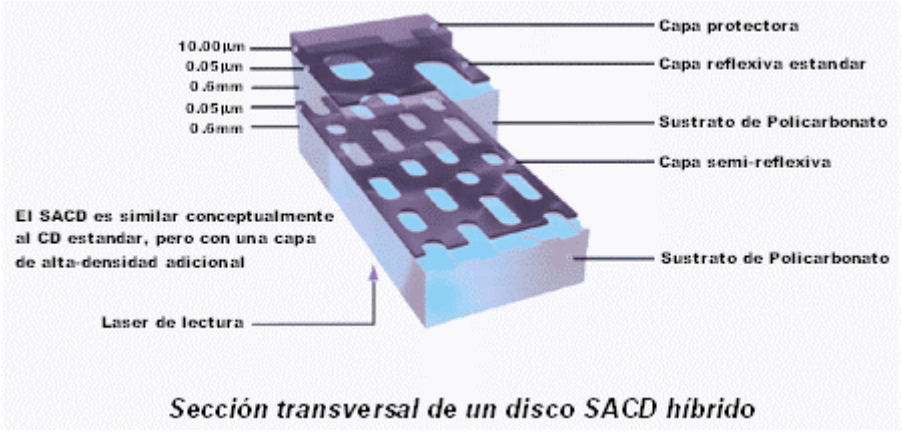
Como mostraba en la tabla de comparación previa, la capacidad de almacenamiento de la capa de alta-densidad es 6.9 veces más alta que la capacidad de almacenamiento de un CD convencional. Tal aumento en la capacidad de almacenamiento es posible gracias a las diversas mejoras en la tecnología. El siguiente gráfico de barras de beneficio de capacidad de disco muestra cómo puede ser expresado como varios pasos la ganancia de capacidad en conjunto de una capa de CD para una capa de alta-densidad:



2.3.3.1 Densidad

Arrancando con una referencia de CD de 100, el uso de una longitud de onda más corta consigue un aumento de capacidad de 1.44 veces . Usar un lente de lectura con una abertura numérica más alta (NA) añade un factor adicional de 1.78 veces (proporcional a NA^2). Efectivamente, la mayor parte de la densidad física (bit de canal) de la capa de alta-densidad es gracias a una mejor solución óptica, causada por el tamaño más pequeño del "láser spot" que enfoca sobre la capa de información. El área del foco del rayo láser es proporcional a (long.onda/NA)^2. Para la capa de alta-densidad, □ es reducido a 650nm, mientras que NA aumenta a 0.6 (en lugar de 0.45), dando lugar a una mejora de la resolución óptica por un factor de 1.6, resultando en un aumento de densidad de 2.586 sin sacrificar los márgenes.

En el caso de un disco de una sola capa y grosor de sustrato 1.2 mm, la máxima NA reduciría el margen de inclinación del disco a valores inaceptables. Por esa razón, el grosor del sustrato para la capa de alta-densidad es reducida a 0.6 mm. La capa de CD, que es añadida a la capa alta-densidad, suministra un grosor total de 1.2 mm para asegurar una buena rigidez del disco.



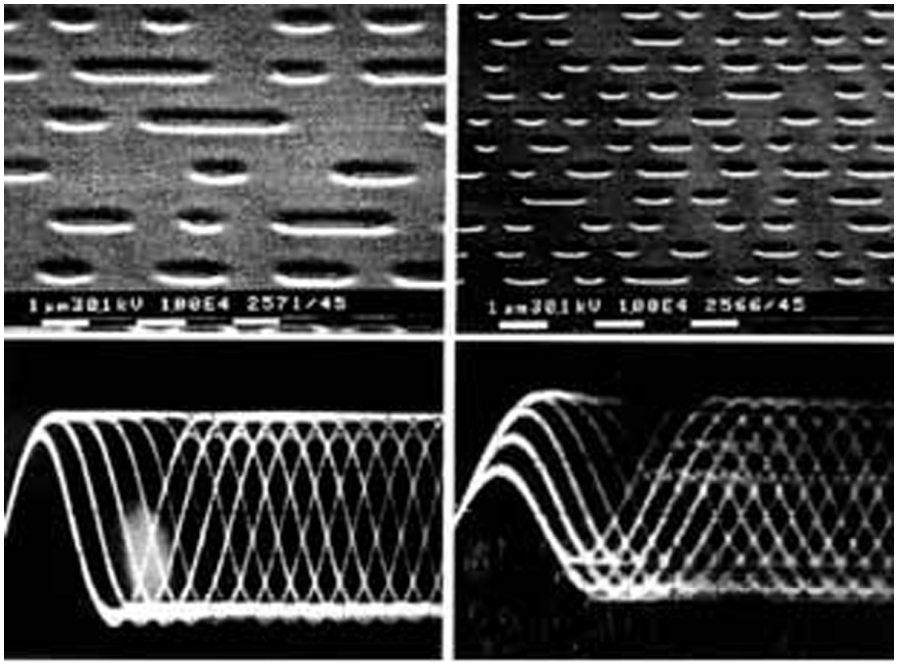
Sección transversal de un disco SACD híbrido

2.3.3.2 Márgenes

Técnicas mas severas en la producción del disco permitieron aportar una ganancia de factor 1.35 veces en los márgenes radiales y un factor de 1.31 veces en los márgenes tangenciales. Lógicamente, el beneficio adicional en la densidad física tuvo que producirse reduciendo los márgenes en el sistema SACD, con respecto al CD. La distancia relativa entren pistas "track pitch" (=distancia entre pistas/ diámetro del haz láser) es reducida por un factor adicional de 1.35, y la longitud relativa del bit de canal "channel bit" (longitud del bit de canal/ diámetro del haz láser) es reducida por un factor adicional de 1.31. Las más ajustadas tolerancias de producción son por tanto requeridas para discos y unidades de disco. Muchos años de experiencia en la fabricación de CD deben proporcionar la capacidad de los medios de producción.

Todos los factores anteriores otorgan un aumento de la densidad física total del disco de 4.54 veces

Debido a la más alta densidad tangencial, el ancho de banda del EFM está relativamente más cerca de la frecuencia óptica límite que en el caso del CD. Por lo tanto, las amplitudes de las frecuencias de EFM más altas son más pequeñas comparadas con el "Diagrama de ojos" del CD.



"Pits" y Diagrama de Ojos de la capa CD

"Pits" y Diagrama de Ojos de la capa SACD

Comparación de "pits" y Diagrama de Ojos, entre CD y SACD

Mayor eficiencia en: modulación de canal (EFM+ y eliminando el subcódigo), corrección de errores (RSPC) y formato del Sector (con una gran reducción de la sobrecarga del sector) consiguen un aumento de 1.12, 1.16 y 1.14 respectivamente, obteniendo así un aumento de la densidad de datos de 1.49 veces. La mejor capacidad de corrección de errores es atribuible, principalmente al nuevo algoritmo de codificación y el incremento de la potencia de procesamiento..

Finalmente, el área de programa ligeramente más grande (1.02 veces) otorga a la capa de Alta-Densidad un aumento total de la capacidad de 6.9 veces sobre la capa CD.

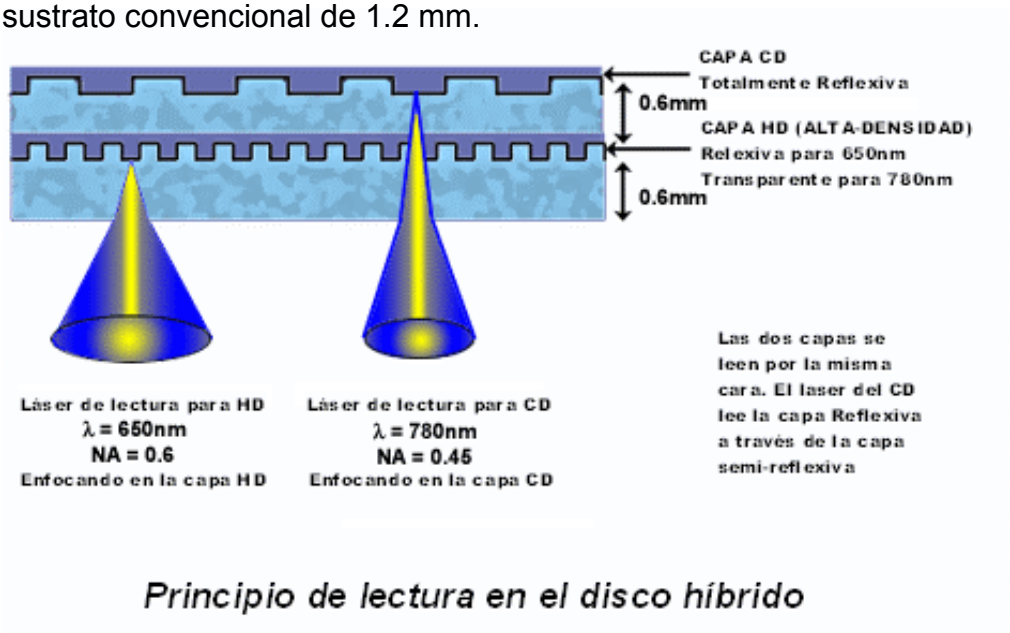
La tabla abajo da los valores de las características técnicas para cada capa (CD y Alta-Densidad) de un disco de híbrido de SACD, tanto como el factor de ganancia de densidad que se obtiene de estos parámetros.

Parámetro		**Capa CD compatible "Red Book"**	**Capa Super Audio CD**	**Factor de ganancia**
Reflectividad		Reflexiva	Semi-reflexiva	
Capacidad		780MB	4.7GB	
Longitud de onda del Láser		780+/-10nm	650+/-5nm	
Polarización		Circular	Circular	
Abertura numérica de la lente de lectura		0.45+/-0.01	0.60+/-0.01	
Máxima inclinación del disco		0.6°	0.4°	
Diámetro del foco	w=l/(2*NA)	0.78/(2*0.45)=0.87	0.65/(2*0.60)=0.54	1.60(1)
Distancia entre pistas	p	1.6μm	0.74μm	2.16
Densidad Radial relativa	=p/w	1.85	1.37	1.35(2)
Longitud del bit de canal	c	0.28μm	0.133μm	2.10
Longitud mínima Pit/Land (3T)	=3*c	0.83μm	0.40μm	2.10
Densidad tangencial relativa	=3*c/w	0.97	0.74	1.31(2)
Densidad	d=p*c	0.45μm^2/ch.bit	0.1μm^2/ch.bit	4.54(3)
Velocidad Lineal	v	1.21m/sec	3.49m/sec	2.88
Frecuencia Óptica de corte	fco=v/w=v*2*NA/l	1.47MHz	6.44MHz	4.6
Tasa binaria del canal	f=v/c	4.3218MHz	26.16MHz	6.05
Mayor frecuencia EFM	fl3=f/6	0.72MHz	4.36MHz	6.05
Ancho de Banda relativo	=fl3/fco	0.52	0.68	1.31(4)
Eficiencia de	e	28.4%	42.3%	1.49

la codificación				
Tasa binaria útil	=f*e	1.2288Mbit/sec	11.08Mbit/sec	9.0
Área del radio de datos interior		25μm	24μm	
Área del radio de datos exterior		37.5/58μm	38/58μm	
Radio máximo de salida		140μm	100μm	
Tamaño del área de programa en disco	$a=p*(Rmax^2-Rmin^2)$	25-58mm=8600mm^2	24-58mm=8760mm^2	1.02
Capacidad de datos útil	=(a/d)*e	682Mbytes	4700Mbytes	6.9

El menor tamaño del haz del láser incrementa la resolución óptica, sin sacrificar los márgenes de sistema
La mayor densidad radial y tangencial reducen los márgenes del sistema
El aumento total de la densidad física está compuesto por: (el aumento en la área de enfoque) * (el aumento en la respectiva densidad radial) * (el aumento en la respectiva densidad tangencial) = $(1.6)^2*1.35*1.31=4.5$
(4) Ganancia del ancho de banda relativo = ganancia en la densidad tangencial

Como se muestra en el siguiente diagrama, las dos capas de un disco híbrido son separadas por 0.6 mm entre sí, ya que la capa HD debe tener un grosor de sustrato de 0.6 mm mientras que la capa de densidad CD debe tener el grosor de sustrato convencional de 1.2 mm.


CAPA CD
Totalmente Reflexiva
0.6mm
CAPA HD (ALTA-DENSIDAD)
Relexiva para 650nm
Transparente para 780nm
0.6mm
Láser de lectura para HD
λ = 650nm
NA = 0.6
Enfocando en la capa HD
Láser de lectura para CD
λ = 780nm
NA = 0.45
Enfocando en la capa CD
Las dos capas se leen por la misma cara. El laser del CD lee la capa Reflexiva a través de la capa semi-reflexiva

Principio de lectura en el disco híbrido

El rayo láser de SACD (mayor NA) lee los datos directamente de la capa HD a través de un sustrato de policarbonato de 0.6 mm. Esta capa intermedia posee un coeficiente de reflectividad que es suficientemente alto para la longitud de onda de 650nm. El disco híbrido también puede ser usado en un reproductor de discos compactos convencional, cuyo rayo láser que tiene una longitud de onda mayor (780nm) y una menor NA (0.45). En este caso, la capa intermedia es semi-transparente para el rayo láser, pudiendo éste concentrarse en la capa reflexiva CD.

Las dificultades para extraer la información de estas dos capas no consistía en hacer que el rayo láser enfocara sobre la capa correcta, sino hacer que las capas tuvieran un índice de reflexividad más exacto.

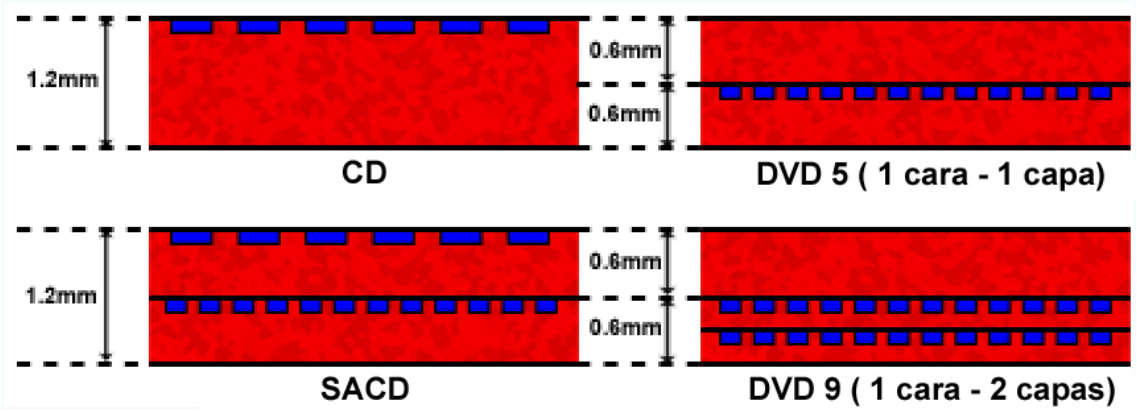
2.3.3.3 Reflexividad de las capas

La capa HD debe tener una reflexividad del 25 % para el rayo láser de longitud de onda de 650nm que es usado en reproductores de SACD, mientras que tiene que dejar atravesar el 100 % de la luz del rayo láser de 780nm, y además debe cumplir la especificación de reflexividad del 70 % para el CD.

Una capa dieléctrica fue diseñada para cumplir las especificaciones de transmisión y reflexividad. Sin embargo, tal capa no podía llegar a la eficiencia de transmisión de 100 % para un rayo láser de 780nm, y que al menos el 70 % de la luz de rayo láser se reflejara sobre la capa de aluminio correspondiente a la información CD. Por lo tanto, es necesario utilizar otro metal en discos híbridos para contener la información CD, por l consiguiente se consigue un mejor índice de reflexión que en la capa de aluminio de los CDs convencionales.

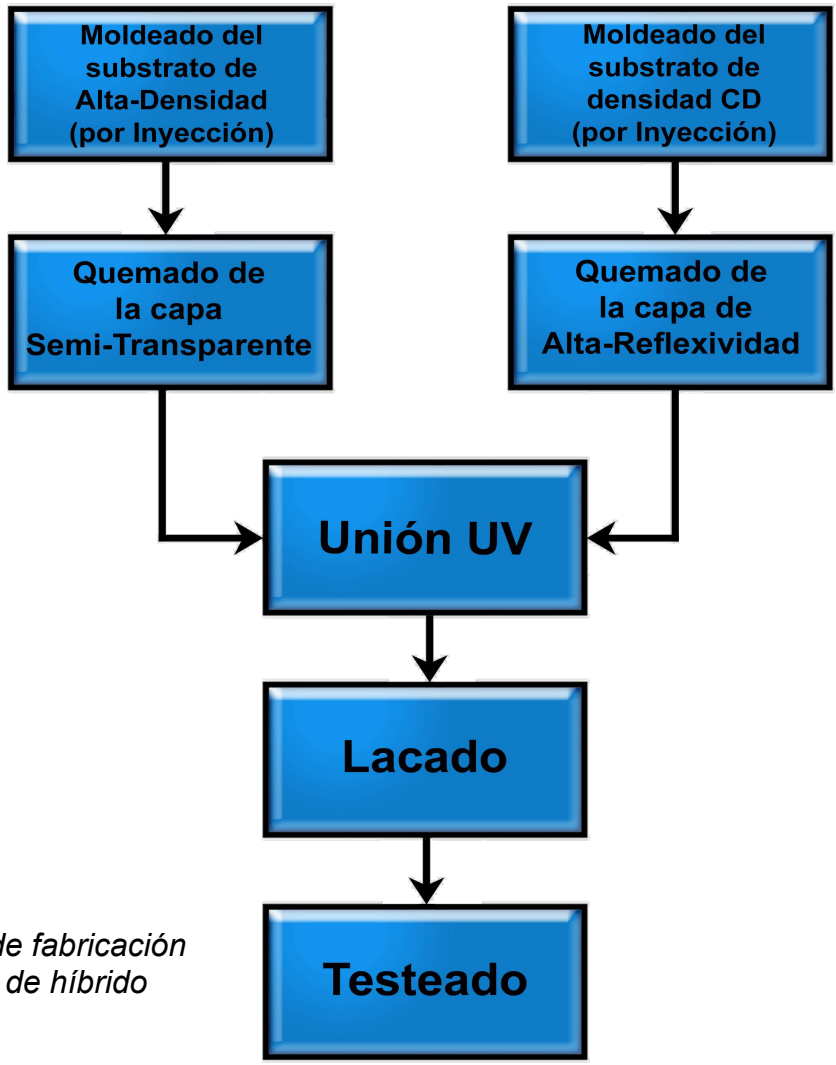
2.3.3.4 Método de fabricación

Similar al DVD de 2 capas y 1 cara, el SACD está hecho de dos substratos de policarbonato, cada uno de 0.6 mm de grosor, para constituir el mismo grosor total de los CDs convencionales. La capa superior es moldeada para formar los “pits” y “lands” del protocolo “Red Book” de almacenamiento de datos de audio (Protocolo CD), mientras que la segunda capa es moldeada en una manera mucho más precisa para poder incluir muchos más datos que en un CD (4.7 GB en lugar de 780 megabytes), en otras palabras, más canales de música de Alta-Resolución , texto, gráficos, video,....



Comparativa de las estructuras de disco para CD, SACD y DVD

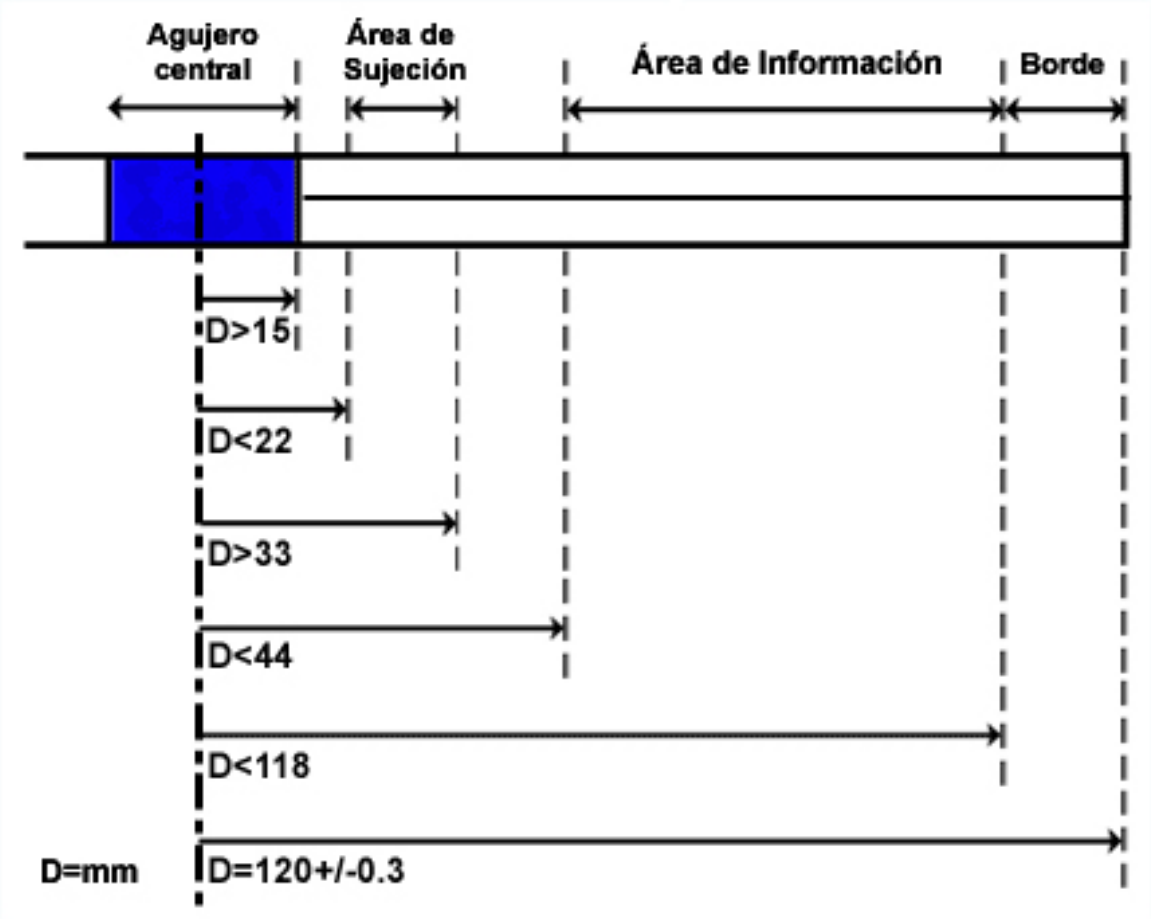
La capa CD es luego tratada como en los CDs convencionales: es cubierta con una capa muy reflexiva de metal, luego una capa protectora, y finalmente la serigrafía que será visible encima del disco. La capa HD es tratada con una capa de semi-transmisión, que permite que el rayo láser de CD pase completamente y llegue a la capa de CD superior, mientras que un rayo láser de SACD se concentrará en los “pits” y “lands” de los datos HD. Luego, los dos substratos son unidos mediante un método de unión óptico-transparente (unión UV).


Moldeado del substrato de Alta-Densidad (por Inyección)
Moldeado del substrato de densidad CD (por Inyección)
Quemado de la capa Semi-Transparente
Quemado de la capa de Alta-Reflexividad
Unión UV
Lacado
Testeado

Proceso de fabricación del disco de híbrido

La homogeneidad de la capa semi-transmisiva, que es el parámetro más crítico para la fabricación del disco híbrido, es garantizada por un equipo de quemado usado para discos DVD de doble capa.

2.3.3.5 *Dimensiones mecánicas*



Detalles mecánicos del disco

El diámetro total del disco es de 120.0mm (80.0) +/- 0.3mm
El diámetro del agujero central de cada substrato es de 15.00 mm (+ 0.15 / -0.00)
El diámetro del agujero central del disco ensamblado es >= 15.00mm
El grosor total del disco, incluyendo capa protectora y etiqueta es 1.20mm (+0.30 / -0.06)

2.3.4 DSD = Direct Stream Digital (Flujo Digital Directo)

Primero, debemos investigar por qué hay una necesidad para crear un nuevo formato de sonido digital.

Originalmente, el sonido es analógico, y siempre será cierto, a menos que cambiamos la morfología de nuestros oídos. Por más de un siglo, las personas han tratado de capturar el sonido y guardarlo sobre un medio para que poderlo reproducir a voluntad. Los primeros intentos en copiar el sonido eran muy naturales: el sonido analógico se guardaba de manera analógica. En la actualidad, los materiales de grabación analógica indican las interpretaciones que no pueden alcanzar los equipos digitales. Por ejemplo, las mejores grabadoras analógicas 30ips de media pulgada pueden captar frecuencias más allá de 50kHz, y el ruido residual de una buena consola analógica puede estar más de 120dB por debajo de su nivel máximo de salida.

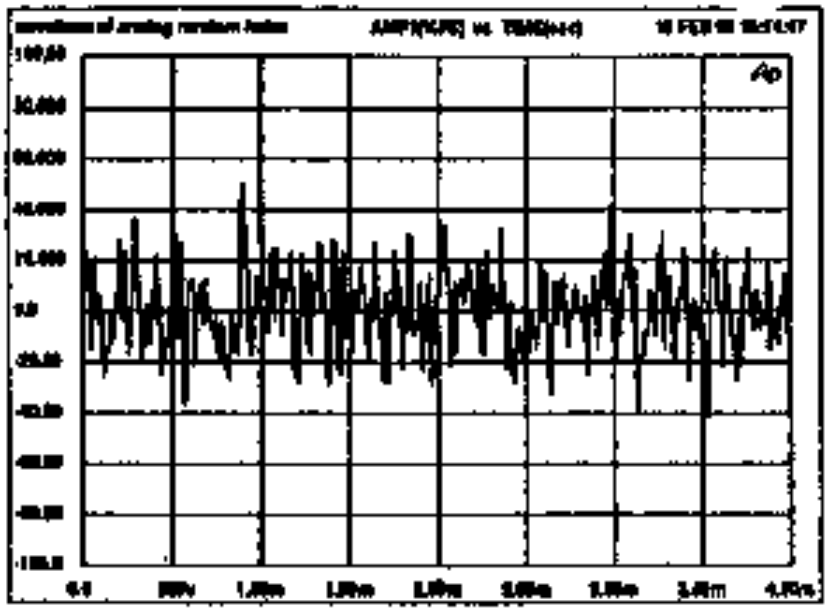
Pero estos formatos analógicos (vinilo o cinta) son demasiado grandes o demasiado costosos para proporcionar estas especificaciones de alta calidad al uso doméstico, y además están sujetos rápidamente a deterioros inevitables y permanentes.

La mayoría de estos problemas han sido solucionados con la introducción de la tecnología digital en el mundo del sonido. Tamaño pequeño, interfaz sencilla, y especialmente, ningún sonido se deteriora (gracias a los algoritmos de corrección de errores de estos nuevos sistemas de interpretación ópticos). El Disco Compacto (Compact Disc) fue presentado como el formato de sonido revolucionario, con su 44.1kHz de frecuencia de muestreo, y su cuantificación a 16 bits....hasta ahora.

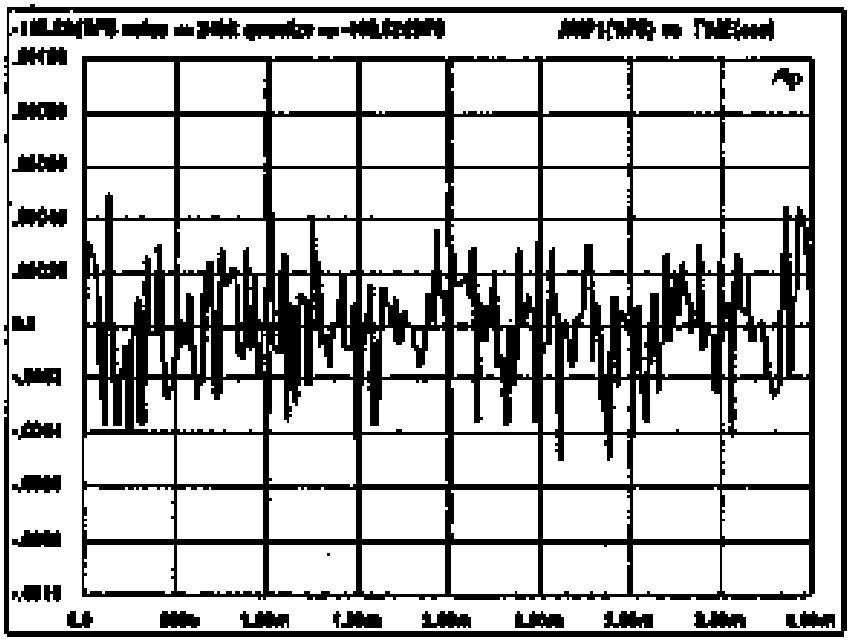
Aunque el CD, comparado con dispositivos analógicos, ofrece una protección eficiente contra el deterioro del disco, el mundo del sonido estaba extrañando por la buena calidad que todavía los formatos analógicos podían alcanzar.

Por consiguiente, los ingenieros de sonido han trabajado para definir un nuevo formato digital: que cubra la extensión de frecuencia de la mejor computadora de cinta analógica, la respuesta en frecuencia debe ser fija para cerca de 100kHz y descender lentamente mas allá de las frecuencias más altas. Por lo tanto, la frecuencia de muestra debe establecerse en más de 500kHz. Y para cubrir la extensión dinámica de una buena consola analógica, la potencia de ruido residual hasta 20kHz debe ser más que 120dB debajo del nivel de salida máximo.

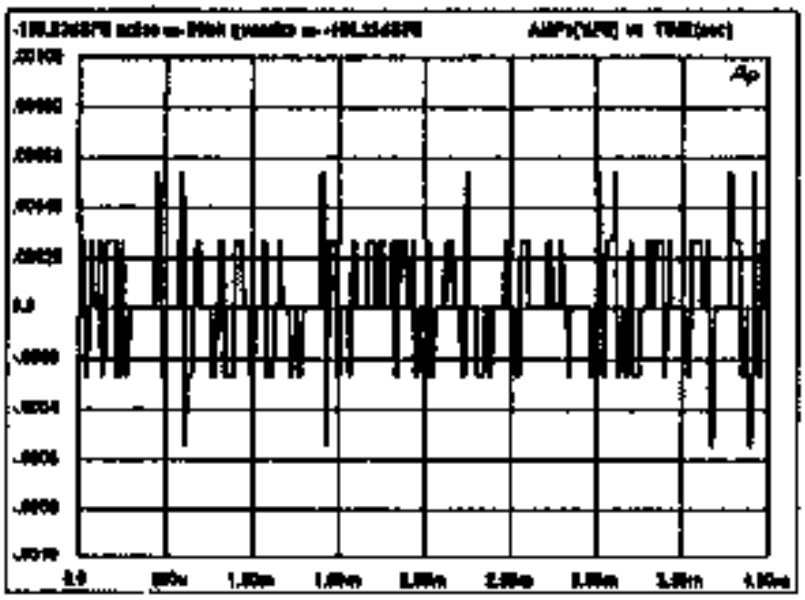
Aunque el DVD-audio puede tener una resolución de 24-bit /96kHz, se necesitaron más de 24 bits, incluso si el nivel de ruido era alrededor de -120dB, como se muestra en los siguientes dibujos.



Forma de onda original de ruido analógico aleatorio



ruido de -108dB muestreado a 44.1kHz y cuantificado a 24 bits



El mismo ruido muestreado a 44.1kHz y cuantificado a 20 bits

Incluso si el nivel de ruido está alrededor de -108dBFS, el segundo dibujo muestra claramente que hay una degradación de la forma de onda debido a la cuantificación a 24 bits cuando se compara con la señal analógica (primer dibujo). Por consiguiente, está claro que necesitamos mas de 24 bits para reproducir los pequeños matices de una pista de música original.

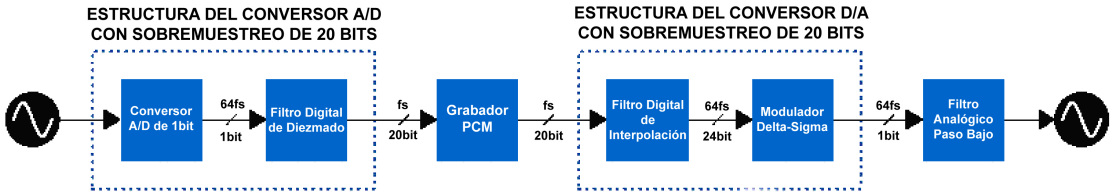
Las 2 compañías (Philips y Sony) que avanzaron mucho en la tecnología multibit PCM para audio digital, han decidido avanzar mas allá para llegar a un nivel de resolución mayor.

Ambas compañías decididieron abandonar los sistemas multibit para alcanzar una mayor resolución con un nuevo formato de audio digital. Efectivamente, tasas de bits mayores, y frecuencias de muestreo mas altas, han mejorado perceptiblemente la calidad de sonido de sistemas PCM, pero estas mejoras se están haciendo cada vez más pequeñas, debido principalmente al filtrado de la señal.

Los filtros de pendiente son requeridos generalmente en la entrada de sistemas PCM para bloquear cualquier señal por encima de la frecuencia de muestreo. Por ejemplo, un sistema de muestreo de 44.1kHz convencional requeriría un filtro de pendiente que permitiese el paso de audio de 20kHz pero rechazara señales encima de 22.05kHz ! Además de las dificultades para realizar tales filtros, el ruido de recuantización también es añadido por la multietapa o diezmado (downsampling) que los filtros digitales usaron en la grabación:

El Sobremuestreo (Oversampling) ha sido usado a menudo para resolver los problemas debido a filtros de pendiente “brickwall”. Sin embargo, luego son requeridos filtros digitales multi-etapa de interpolación (oversampling), obteniendo más ruido de cuantización. La tecnología de conversión de 1 bit (también conocido como flujo de bits o Delta-Sigma) es por ejemplo muy común en los sistemas PCM actuales: primero, la señal analógica original es cambiada por una representación 1 bit digital, gracias a una modulación de 64xFs. Entonces, un filtro de diezmado proporciona una señal de alta-resolución (16, 18, 20, 24 bits) en la frecuencia de muestreo (Fs).

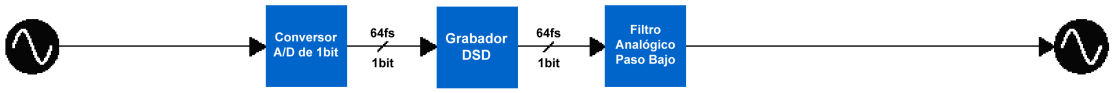
Respecto a la reproducción, la mayor parte de los CD convencionales y los reproductores de DVD incluyen un convertidor Delta-Sigma que hace la transformación opuesta, primero es necesario convertir la señal a 64xFs mediante un filtro de interpolación. Luego, un modulador Delta-Sigma provee una señal de 1 bit, mientras que definitivamente un simple filtro paso-bajo se puede usar para conseguir la señal analógica.



PCM multibit convencional

Durante la cadena completa, una importante cantidad de ruido de recuantización es añadida por el diezmado (downsampling) que los filtros digitales usaron en la grabación, y por la interpolación multi-etapa (oversampling) que filtros digitales usaron en la reproducción.

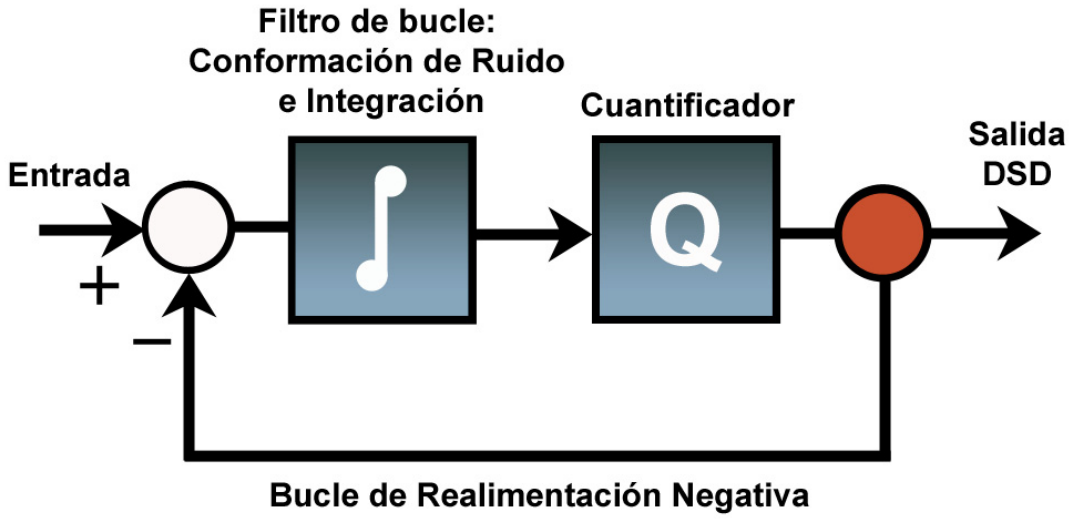
La idea detrás del DSD es sólo retirar estos dos problemáticos filtros (el de diezmado y el de interpolación).



DSD

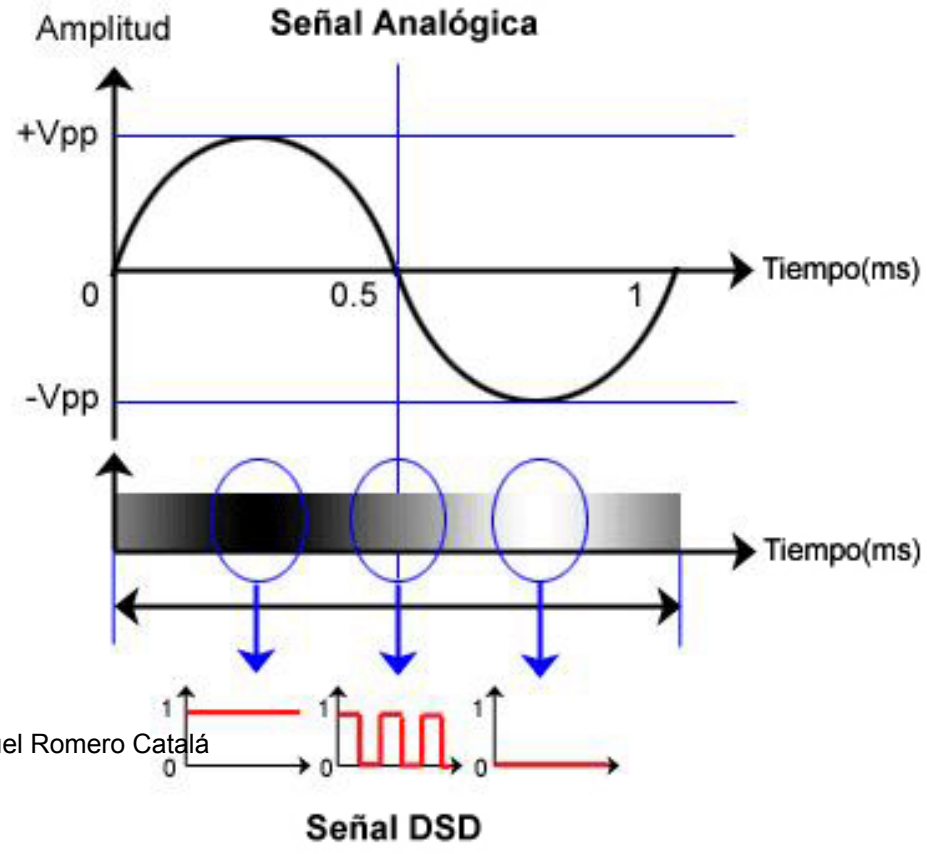
Como en los sistemas PCM convencionales, primero la señal analógica es convertida a digital por la modulación Delta-Sigma de sobremuestreo 64x. Pero la señal de 1 bit resultante es grabada directamente por el sistema DSD, en lugar de usar un filtro de diezmado que consiga una señal multibit con grabadoras PCM.

El convertidor analógico-digital delta-sigma utiliza un bucle de realimentación negativa para agrupar la señal de audio. Si la señal de entrada, acumulada durante un periodo de muestra, es más grande que el valor acumulado en el bucle de realimentación negativo durante muestras previas, el convertidor graba un "1" digital. Si el valor integrado de la señal de entrada es más bajo, se graba un "0" digital.



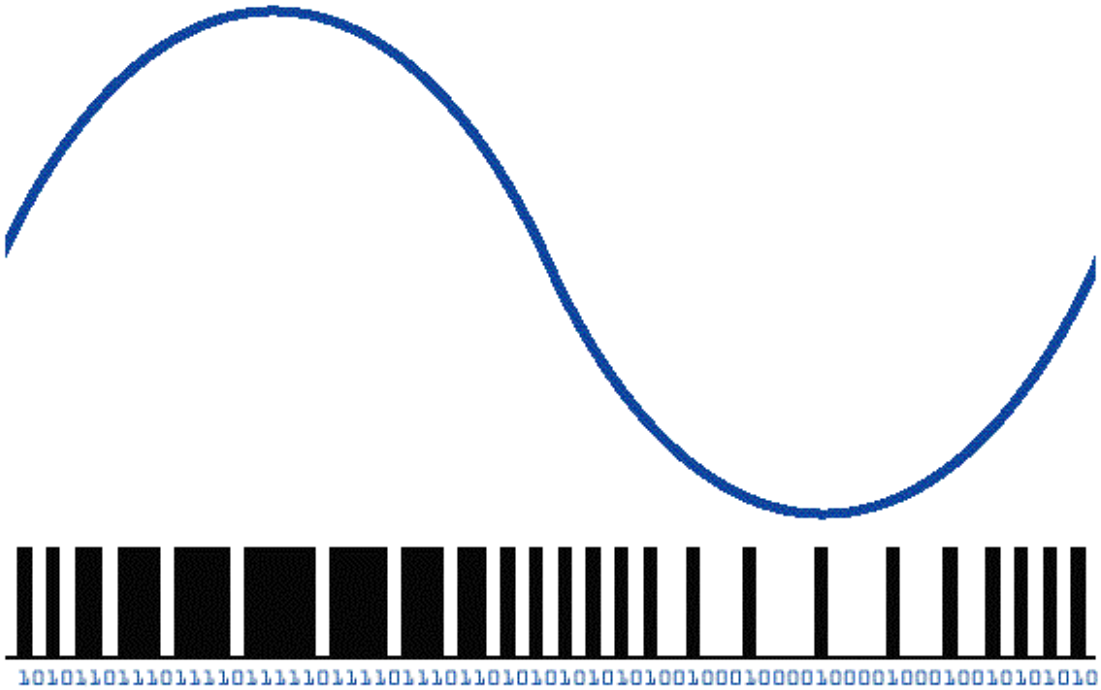
El convertidor analógico-digital del DSD

Con el proceso de Modulación de Densidad de Pulsos (PDM ó Pulse Density Modulation), la amplitud instantánea de la forma de onda analógica es representada por la densidad de los pulsos. Por lo tanto, con una forma de onda enteramente positiva el resultado serán todo 1s (unos), mientras que una forma de onda enteramente negativa serán todo 0s (ceros). Una señal de amplitud nula (cero) será representada por 1s y 0s alternantes.



Tren de pulsos del DSD

El tren de pulso del DSD es excepcionalmente “parecido” a la forma de onda de la señal analógica que representa. El pulso destaca cada vez mas donde la señal analógica se acerca a “completamente positiva” y se va desfigurando donde la señal analógica se acerca a “completamente negativa”.



Los unos van aumentando en relación con los 0s hasta llegar a ser todo 1s (completamente positiva), a continuación van disminuyendo hasta el punto que hay igual 1s que 0s (punto nulo de amplitud cero), después los 0s iran aumentando en relación con los 1s hasta llegar a ser todo 0s(completamente negativa), y finalmente iran disminuyendo hasta un nuevo nulo.

Como en el PCM, tal señal de PDM es extremadamente resistente a la distorsión, al ruido, “wow” y “flutter” (variación de la velocidad de reproducción del sonido y audible como una variación del tono) de los sistemas de grabación entornos y canales de transmisión. Pero a diferencia del PCM, las señales DSD son mas parecidas a la señales analógicas que representan, y la conversión digital / analógica puede ser tan simple como un filtro paso-bajo.

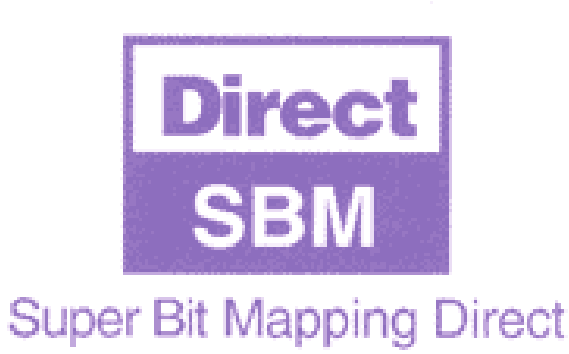
Sin embargo, el sistema necesita en la práctica un filtro de conformación del ruido (noise shaping) de 5º órden para conseguir la extremadamente alta relación Señal/Ruido (S/R) del DSD: esto desplaza el ruido en la frecuencia, lejos del rango audible por el ser humano.

Las especificaciones de la señal resultante son tan buenas como los mejores formatos analógicos, que sin embargo tienen problemas y restricciones que el DSD no posee. Las señales DSD pueden presentar una respuesta en frecuencia desde CC(Componente Continua) a 100kHz, más un rango dinámico mayor que 120dB, a lo largo de la banda de audio.

2.3.5 Conversión Directa SBM (Super Bit Mapping)

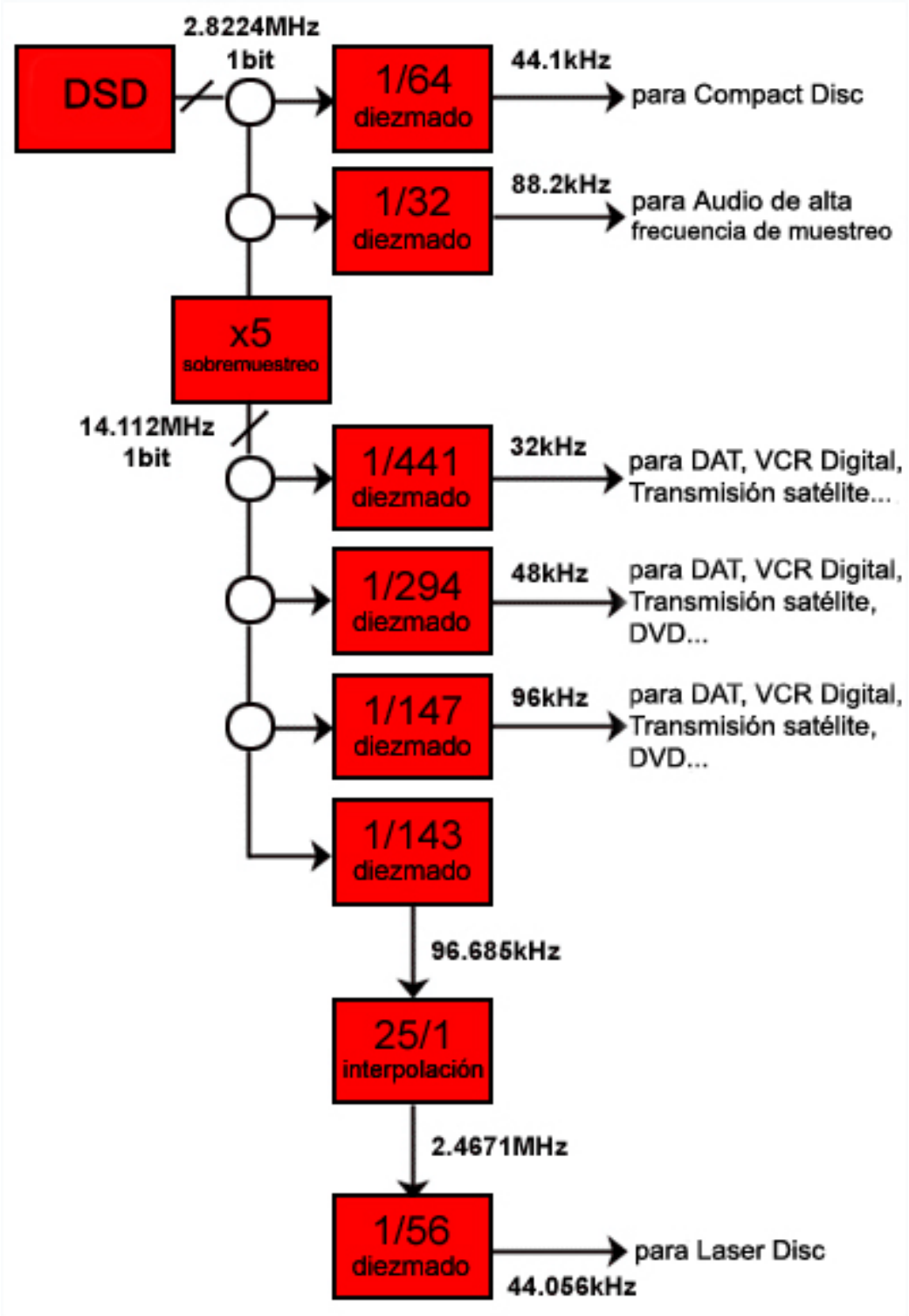
La capa superior de un SACD presentará un formato compatible con los reproductores de discos compactos existentes, en otras palabras una señal PCM con una frecuencia de muestreo de 44.1kHz y una resolución de 16 bits. Sin embargo, hay muchas maneras de reconvertir una señal de 1-bit / 64Fs a 16-bit/1Fs. Efectivamente, muchos convertidores analógico-digitales pueden llevar a cabo esta tarea fácilmente. Pero un nuevo proceso ha sido encontrado para conservar la máxima calidad de señal posible en las palabras 16-bit. Este proceso, llamado Super Bit Mapping Direct (correspondencia directa de los bits), permite conjugar el filtro y el conformador del ruido de la señal DSD en una única etapa. Por consiguiente, los errores de recuantización entre etapas son suprimidos, se elimina el rizado, y el solapamiento es minimizado. Esta tecnología ha sido completamente integrada en un una etapa FIR digital filter/noise shaper (filtro digital FIR no recursivo/conformador de ruido), desarrollado por Sony. La señal 16 bit/44.1kHz obtenida es grabada sobre la capa superior del disco híbrido que cumple las especificaciones “Red book” para el CD, por consiguiente puede reproducirse en cualquier reproductor de discos compactos existente.

Como se explica arriba, la precisión 20-a-24 bit se puede aproximar a audio digital de 16-bit (discos de híbrido de SACD) con SBM Direct. Pero esta tecnología también puede ser transpuesta a la industria del disco compacto convencional gracias a un procesador específico: el procesador SBM Direct.



En la Actualidad, la reconversión 16 bit/44.1kHz es sólo una alternativa para el flujo de bits del DSD, cuando la frecuencia de 2.8224MHz original ha sido cuidadosamente calculada para permitir reconversión de alta precisión a todas las frecuencias de muestreo PCM actuales, gracias a productos y divisiones simples y por números enteros.

Efectivamente, la frecuencia de muestreo del DSD, 64x44.1kHz = 2.8224MHz, ha sido elegida para que sea un múltiplo simple de la mayoría de las frecuencias de muestreo actuales, de este modo se consigue, tan fácil como sea posible, la conversión de datos a formatos de sonido actuales. Como se muestra en el diagrama siguiente, la conversión de frecuencia de muestreo sincronizada es posible dentro de una moderada frecuencia del reloj de procesamiento. Usando una señal DSD como fuente de referencia, los problemas de "jitter" relacionados con la frecuencia de muestreo asíncrona de la conversión son eliminados en su totalidad.



Frecuencia de muestreo sincronizada para la conversión del DSD

2.3.6 El DST (Transferencia del Flujo Directo)

La capa de 4.7 GB del disco de SACD puede contener dos versiones completas de 74 minutos de música, versiones: estéreo (DSD) de alta calidad y 2 canales y una (DSD) de alta calidad y 6 canales de sonido envolvente. Tal cantidad de datos pueden ser guardados sobre una única capa gracias a un nuevo método de codificación sin pérdidas desarrollado por Philips y denominado Direct Stream Transfer (DST) o Transferencia Directa del Flujo.

Efectivamente, la modulación Sigma-Delta de DSD presente una alta tasa de sobremuestreo, dando como resultado una capacidad de datos de audio sin procesar que es típicamente 4 veces más alto que lo que se necesitaba para señales de CD convencionales.

La reducción de datos es por consiguiente necesaria para guardar todos los canales de alta-densidad sobre una sola capa. En general, hay dos tipos diferentes de métodos de reducción de la tasa binaria: por una parte, los métodos de reducción de datos con compresión (lossy) escogen partes de la señal original que puede ser ignoradas, y retiran estas partes del flujo de datos final que se va a guardar en el formato digital. Estos métodos con compresión, suelen basarse en modelos psicoacústicos, incluyen MPEG-1 y MPEG-2 para señales de video, y Dolby Digital (AC3) y DTS para las señales de audio.

Por otro lado, los métodos de codificación sin pérdidas (lossless) han sido desarrollados principalmente para aplicaciones informáticas. Reducen la cantidad de datos mientras mantienen la integridad de datos original, bit a bit. Aunque la modulación Sigma-Delta del DSD, intrínsecamente, tiene una estructura muy ruidosa, resulta que la codificación sin pérdidas podía ser aplicada con éxito y por consiguiente la capacidad requerida para el almacenamiento o la transmisión podía ser reducida. La Transferencia Directa del flujo (DST) es un método de codificación muy sofisticado que involucra la estructura de datos, el pronóstico adaptable, y la entropía que codifica las etapas.

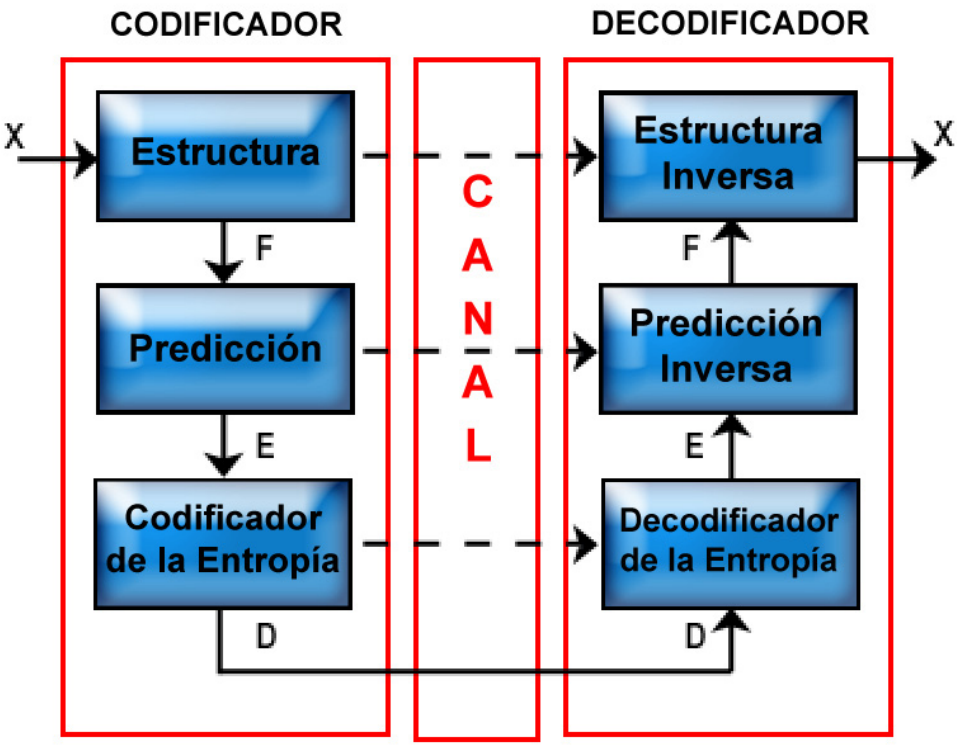
Para permitir el acceso aleatorio de un flujo codificado sin pérdidas, este esquema de codificación afecta, efectivamente, a las bases estructurales. Los parámetros de codificación como coeficientes de pronóstico son optimizados una vez por cada estructura.

Las etapas que codifican la entropía aprovechan la distribución no uniforme de la probabilidad de aparición de símbolos . En otras palabras, los códigos más cortos son atribuidas a los símbolos más frecuentes, mientras que los códigos más cortos son atribuidos a símbolos más frecuentes. La tabla de sustitución es desarrollada durante la fase de codificación y tiene que ser transmitida con los datos codificados finales. En el caso del DST, la codificación de la entropía es adaptable, es decir, depende de estadísticas relacionadas con los datos de audio que son comprimidos.

En el caso de documentos de texto (ASCII), este tipo de método de codificación es muy eficiente, ya que algunas letras (ej: e) tienen uno mayor probabilidad de aparición que el resto (ej: x). Tiene también muy buenos resultados con señales PCM, ya que los valores de amplitud bajos son más recurrentes (probabilidad gaussiana). Sin embargo, la codificación básica de la entropía es menos eficiente con las señales DSD, ya que la amplitud está relacionada con los impulsos y no con los valores absolutos de amplitud. Como consecuencia, se tuvo que desarrollar un nuevo método de pronóstico adaptable.

De echo, la pequeña ganancia conseguida en la codificación de la estructura es importante para determinar los parámetros del sistema, así como el tamaño del buffer y la potencia de procesamiento. Es por lo tanto deseable tener la menor ganancia que sea posible conseguir. Se descubrió que admitiendo estructuras adaptables de pronóstico y filtrado, se conseguía una mejora en el peor de los casos de ganancia de codificación sin pérdidas y cualquier secuencia podía ser mejorada. Una mejora en el "peor-caso" de ganancia de codificación al mismo tiempo que disminuye las variaciones en la ganancia consigue que la ganancia de codificación permanezca constante y que la salida del buffer se incremente.

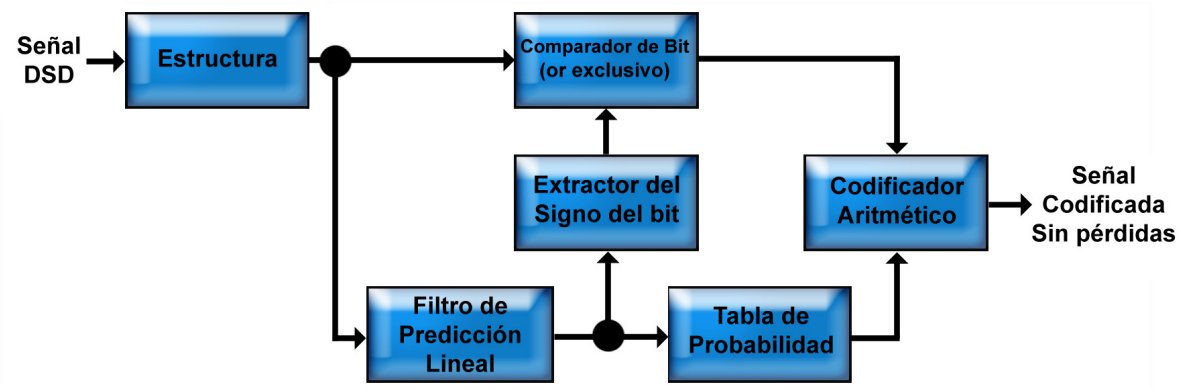
Por lo tanto, DST puede conseguir una reducción del 50% en la tasa binaria, con ninguna pérdida en la integridad de datos. Esto es impresionante ya que reducir a la mitad los datos requeridos significa duplicar la capacidad de almacenamiento.



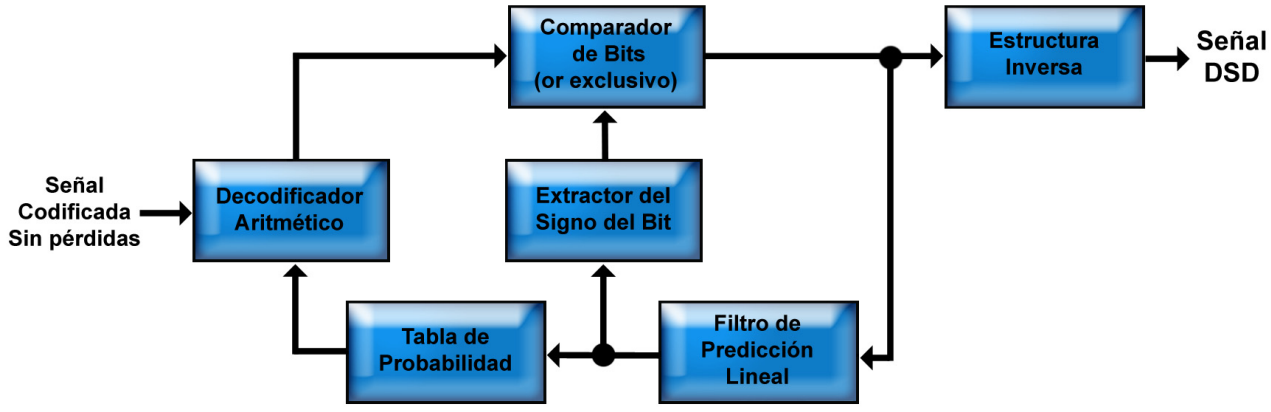
DST (Trasferencia Directa del Flujo) depende de la estructuración de datos, predicción y codificación de la entropía.

Como resumen, todos los esquemas de codificación sin pérdidas, básicamente, tienen la misma estructura que se muestra en la imagen anterior: El Framing selecciona la señal apropiada de entrada, la etapa de predicción quita la redundancia y la codificación de la entropía, codifica eficientemente las muestras y la información secundaria. La función clave es optimizar estos bloques conjuntamente para conseguir una ganancia de codificación óptima para una clase de señales y minimizar su complejidad de forma que el algoritmo sea fácilmente utilizable.

En el caso del DSD que es una señal de audio sobremuestreada a 1 bit, los bloques pueden estar significativamente simplificados (especialmente el bloque de pronóstico), desde la contribución y las señales de producto solamente tienen dos valores de representación: 0 y 1. De la misma manera que los esquemas de codificación y descodificación sin pérdidas del DSD pueden ser representados en los siguientes diagramas:



Codificador sin pérdidas del DSD



Descodificador sin pérdidas del DSD

Además, se ha conseguido una longitud de muestra constante de L=37632 bits, es decir 75 muestreas por segundo, proveen un buen acuerdo entre el rendimiento y los requisitos de sistema para señales con sobremuestreo 64x44.1kHz del DSD.

Definitivamente, la Transferencia Directa del Flujo de Direct es un método de codificación sin pérdidas de gran beneficio que varía sobre una base de muestreo que, por lo tanto, resulta en un tasa binaria variable que puede ser una desventaja para algunas aplicaciones, particularmente en caso de cintas. De hecho, es deseable almacenar sobre estos medios la tasa binaria de forma constante, ya que esto corresponde a un disco lineal constante o a la velocidad de cinta la mayor parte del tiempo. Un mecanismo de control de buffer puede ser añadido para convertir la tasa binaria variable en el producto de un codificador sin pérdidas en una tasa binaria constante entonces, que corresponde a una ganancia continua.

Como conclusión, la elevada tasa binaria de las señales de audio DSD (2 canales estéreo y 6 canales multicanal) puede ser almacenadas completamente sobre una sola capa del disco gracias al método de transferencia directa adaptable de del flujo. DST aporta una importante ganancia en la reducción de datos para la compresión sin pérdidas y puede ser adaptada fácilmente a entornos de disco gracias al control de buffer.

2.3.7 Formato del sector, Corrección de errores y Modulación del Canal

Los Datos son grabados en el área de información del disco. Consta de 3 partes: el área preliminar o de entrada(Lead-In), el área de datos, y el área final o de salida (Lead-Out). El presente capítulo explica cómo son grabados físicamente los datos en estas áreas. La estructura de la información sobre un disco SACD será detallada en el próximo capítulo.

Como en el CD, la información grabada sobre la capa de alta-densidad de un disco SACD es formateada en sectores. Un sector es la parte direccionable más pequeña de la pista de información que se puede acceder independientemente. Dependiendo de la etapa de procesamiento de la señal, un sector (o grupo de sectores) son denominados: Sector de datos, Bloque ECC, Sector de grabación o Sector físico.

Un sector de datos es almacena 2064 bytes, y consta de 2048 bytes de datos principales, 12 bytes de datos de identificación (ID o Identification Data) y 4 bytes del código de detección de errores (EDC o Error Detection Code). Esto es cien bytes menos que para el formato del sector del CD.

Después de mezclar los datos principales en los sectores de datos, la información de la codificación de corrección de errores Reed-Solomon se añade a cada grupo de 16 sectores de datos para constituir un bloque ECC con los bytes adicionales del código interior de paridad (PI o Inner-code Parity) y el código exterior de paridad (PO o Outer-code Parity).

Los sectores de grabación son constituidos entrelazando las filas PO en el bloque ECC y dividiendo tal bloque otra vez en 16 sectores.

Finalmente, EFM (Eight to Fourteen Modulation o Modulacion 8 a 14) + la Modulación del Canal, crean un sector físico, que es el formato final grabado en el disco.

2.3.7.1 Sector de datos

Como se muestra en el siguiente diagrama, la primera parte de un sector de datos de SACD contiene, entre otras cosas, 4 bytes de datos de identificación (ID). Esto incluye la información del sector, como el tipo de formato del sector, método de seguimiento de pista, reflectividad, tipo de área y tipo de datos. Los datos de identificación son protegidos por una clave adicional de detección de errores (IED).

Datos de identificación (ID)	4 bytes
Detección de Errores ID (IED)	2 bytes
Reservado	6 bytes
Datos principales	2048 bytes
Código de Detección de Errores (EDC)	4 bytes

Los datos de sincronización son similares al CD, no se necesitan mas en SACD gracias a un avanzado método de sincronización en el nivel de la EFM. Además, la capa adicional ECC usada en CD, para SACD es innecesaria, ya que la corrección de errores estándar incluida en SACD es mucho más potente que el CIRC en CD. Sin embargo el EDC se mantiene, porque otorga al sector una capacidad de detección de errores muy potente y sencilla.

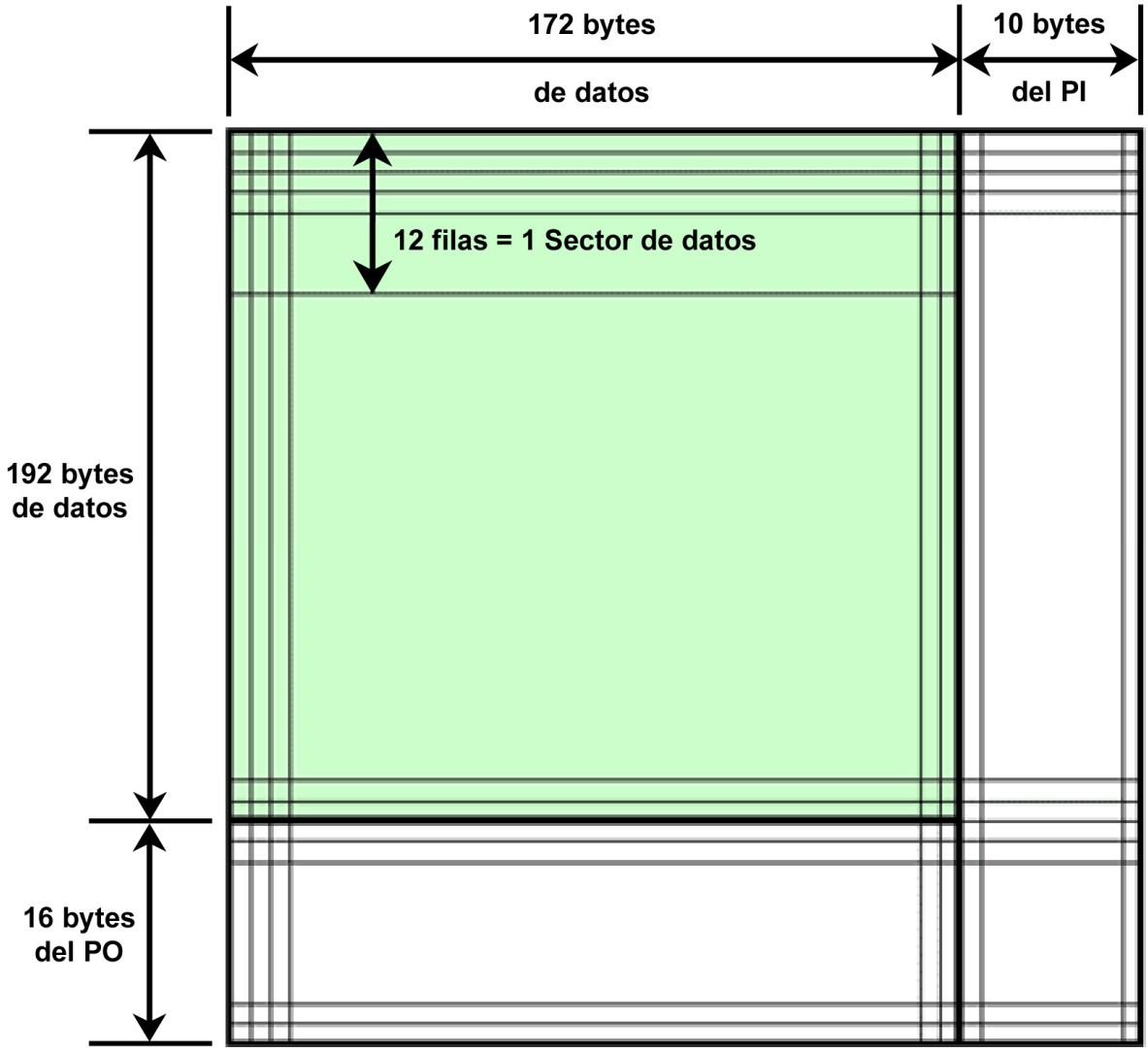
2.3.7.2 Corrección de errores (bloque ECC)

Gracias al desarrollo de nuevos algoritmos de descodificación ECC, la codificación de corrección de errores del SACD usa un código producto Reed-Solomon que puede ser aplicado a través de una gran cantidad de datos con las mejor capacidad de corrección de errores. Esto reduce la redundancia de rectificación de error al 13 % y aproximadamente a la mitad utilizada en el CD.

Después del cálculo del EDC sobre los sectores de datos, los datos mezclados son añadidos a los 2048 bytes de datos principales que se encuentran en el sector de datos. Luego, el código de corrección de errores es aplicado sobre 16 sectores de datos, o un bloque ECC (33.024 bytes).

Después de poner los bytes de datos en una matriz de 192 filas * 172 columnas, se añaden 16 bytes de PO a cada columna. Después, se agregan 10

bytes de PI a cada uno de las 208 filas (192 de datos + 16 formadas por los bytes PO), con todo ello se constituye un Código-Producto Reed-Solomon con 208 filas y 182 columnas (172 de datos + 10 formadas por los bytes PI).

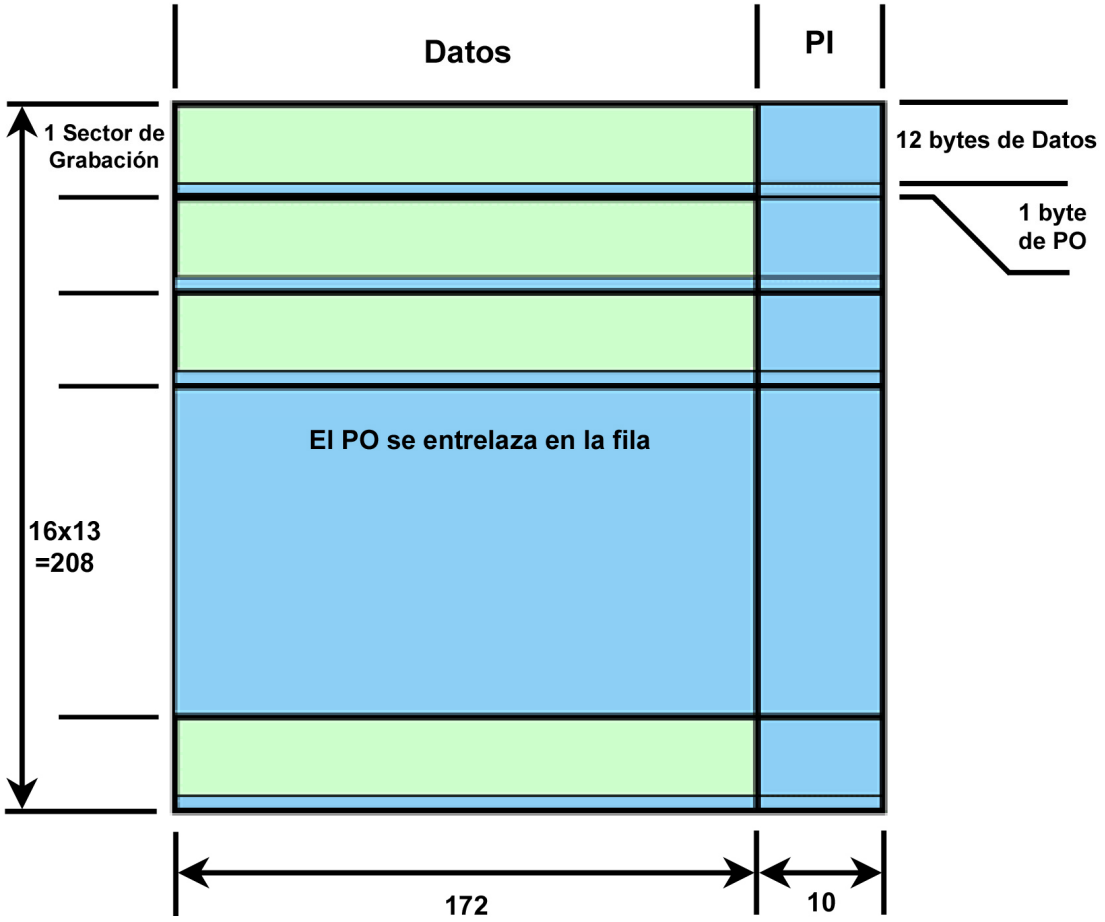


*Bloque ECC : Código Producto RS(208,192,17) * RS(182,172,11)*

Este código puede corregir al menos 5 errores de byte en cada fila y al menos 8 errores de byte en cada columna. Aplicando algunos cálculos alternantes sobre filas y columnas, se pueden corregir mayores patrones de error.

2.3.7.3 Sector de grabación

Finalmente, las filas PO son entrelazadas con las filas de datos en un orden regular (12 filas de datos por cada fila PO) y cada bloque ECC (entrelazado) se dividide a su vez en 16 sectores de grabación. De este modo, un sector de grabación contiene los datos originales de 1 sector de datos + 12*10 bytes PI + 1 fila de 182 bytes PO, el resultado completo nos da 2366 bytes.

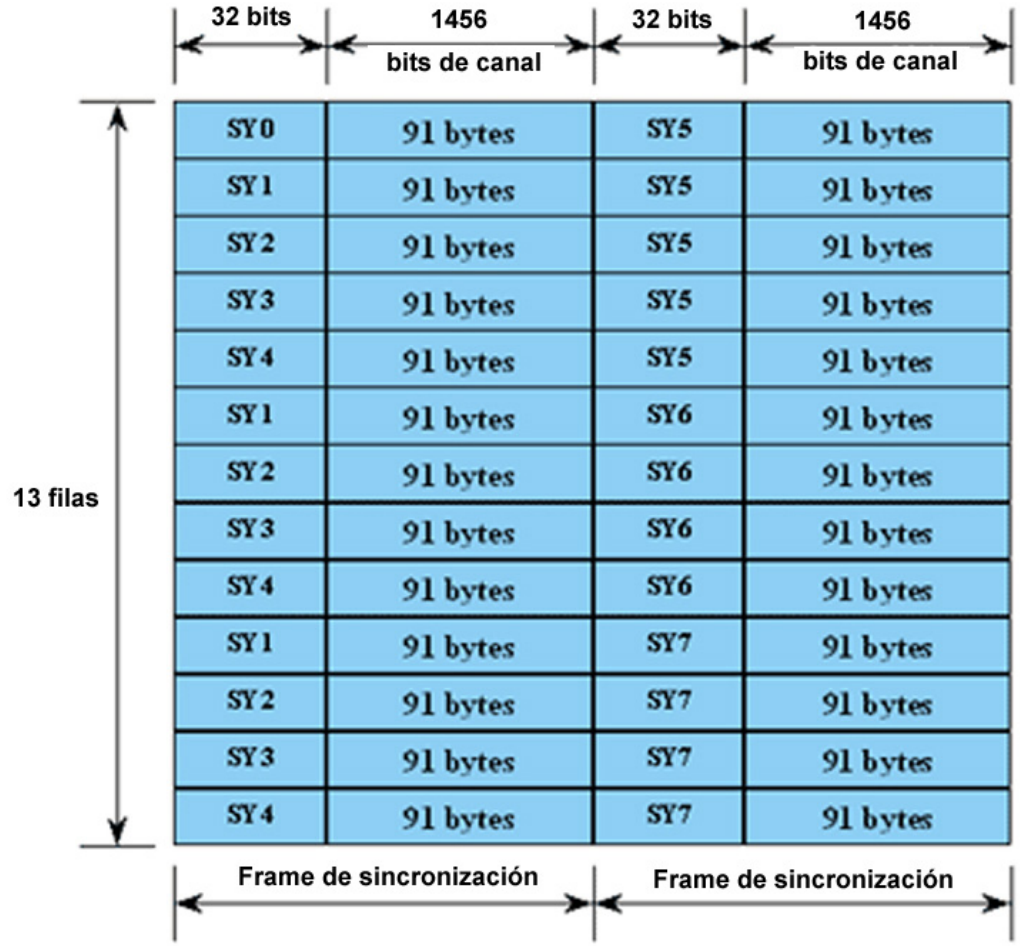


Sectores de grabación

2.3.7.4 Sector físico

Un sector físico se forma desintegrando cada fila de un sector de grabación en 2 partes de 91 cada una. Luego se aplica la EFM+ a estos bytes, suministrando 16 bits por cada byte convertido, este conjunto será precedido por un patrón especial de sincronización de EFM+, de un total de 32 bits de canal. Con el uso alternante de 8 diferentes patrones de sincronización, los descodificadores pueden sincronizar fácilmente la señal(o re-sincronizar después de la pérdida del sincronismo del reloj).

Un sector físico tiene 38.688 bits de canal:
13 filas * 2 * (32 bits de sincronización + 91 bytes del sector de grabación + 16 bits de la EFM+). Estos 38.688 bits de canal forman 26 Frames de Sincronización de 1488 bits de canal cada una.


32 bits
1456 bits de canal
32 bits
1456 bits de canal
13 filas
SY0 91 bytes SY5 91 bytes
SY1 91 bytes SY5 91 bytes
SY2 91 bytes SY5 91 bytes
SY3 91 bytes SY5 91 bytes
SY4 91 bytes SY5 91 bytes
SY1 91 bytes SY6 91 bytes
SY2 91 bytes SY6 91 bytes
SY3 91 bytes SY6 91 bytes
SY4 91 bytes SY6 91 bytes
SY1 91 bytes SY7 91 bytes
SY2 91 bytes SY7 91 bytes
SY3 91 bytes SY7 91 bytes
SY4 91 bytes SY7 91 bytes
Frame de sincronización
Frame de sincronización

1 sector físico consta de 16 Frames de sincronización

2.3.7.5 Modulación de canal

Similar al DVD, el SACD utiliza una versión modificada del esquema de modulación del canal originario del CD, la denominada modulación ocho-a-catorce (EFM o Eight-to-Fourteen Modulation), la usada en el SACD se conoce como EFM+. Este esquema convierte los datos de 8 bits directamente en 16 bits de canal.

Los valores de los 16 bits del canal son escogidos de la Tabla de Conversión de la EFM+. Hay 256 valores posibles de Símbolo de datos y 4 posibles condiciones, o estados. Para cada combinación de Símbolo de Datos/Estado, la tabla de conversión contiene una palabra código de 16-bits EFM+ y el valor del estado run-lenght para el siguiente símbolo de datos para ser codificado.

Esta codificación no sólo permite la correspondencia única durante la demodulación, de uno palabra código EFM a un símbolo de datos, sino también limita la propagación de errores.

La palabra código de 16-bits representa un ahorro pequeño pero útil de la capacidad de datos si es comparado con la palabra código de 14-bits y 3 bits de fusión de la EFM usada en el CD. Esta versión mejorada de la modulación de canal EFM es mas efectiva y eficiente que su predecesora, sin tener que comprometer el rendimiento del servo y los sistemas de extracción de datos.

Todos las palabras código de la EFM+ son mostradas en Sync Frames EFM+ (Estructuras de datos de sincronización) consistentes en 91 símbolos de datos convertidos (la mitad de una fila de un sector de grabación) y una palabra de sincronización de 32 bits de canal. Hay 8 palabras de sincronización diferentes, todas consistentes de un run-lenght de 14 bits de canal (que no aparecen en la EFM+ normal), además de un patrón específico de bit de canal que identifica la Palabra de Sincronización. La palabra de sincronización identifica diferentes posiciones en el sector físico:

SY0 = comienzo del primer frame de sincronización de un sector físico

SY1...4 = comienzo de un frame de sincronización impar

SY5...7 = comienzo de un frame de sincronización uniforme

2.3.7.6 Supresión de las bajas frecuencias

La supresión de los componentes de baja frecuencia es muy importante para asegurar un seguimiento estable y una elección precisa de la señal RF. Por esta razón, el valor subtotal digital de la suma (DSV o Digital Sum Value) de los datos modulados se mantiene cerca de cero usando una tabla de conversión de sustitución, además de la tabla de conversión EFM+ principal.

Teniendo en cuenta las reglas para una mínima longitud de pista de 3 bits de canal y una máxima longitud de pista de 11 bits de canal, similar en el CD, hay 351 palabras de fuente permitidas por la codificación de la longitud de pista. Por razones históricas, siete de éstas son descartados, dejando 344 palabras código disponibles. De éstas, se necesitan 256 para la tabla principal, dejando 88 para la tabla de sustitución.

La tabla de sustitución, con diferentes DSVs, es aplicada a los 88 símbolos de datos menores. Las palabras código son elegidas de uno u otra tabla si es necesario para así obtener el valor total más bajo para el pisteado del DSV.

La tasa más alta de la codificación EFM+ (8 -> 16 en lugar de 8 -> 14 + 3) solo da como resultado una pequeño ganancia de alrededor de +4dB en la parte de baja frecuencia del espectro de datos. Debido a la mayor tasa binaria del canal (26.16MHz en lugar de 4.3218MHz), la potencia dentro del mismo ancho de banda del servo se reduce aproximadamente en –12dB. Para 2kHz, el típico ancho de banda del servo, la reducción de red es alrededor de -8dB (2.5:1).

Para información, la siguiente tabla muestra las eficiencias de codificación relativas de la capa de Alta-Densidad del SACD y la capa convencional del CD:

Formato CD		**Formato SACD (capa de Alta Densidad)**	
Sector de Datos		*Sector de Datos*	
Datos de Usuario	2048 bytes	Datos de Usuario	2048 bytes
Sincronización y encabe	16 bytes	Datos de Identificación	12 bytes
EDC+ECC	288 bytes	EDC	4 bytes
Total	2352 bytes	Total	2064 bytes
Eficiencia	87%	Eficiencia	99%
Corrección de Errores		*Corrección de Errores*	
CIRC	24 de datos + 8 de paridad	RSPC	2064 de datos + 302 de paridad
Eficiencia	75%	Eficiencia	87%
Modulación		*Modulación*	
EFM	32*8 bits de datos	EFM+	91*8 bits de datos
Por Frame	588 bits EFM	Por Frame	1488 bits EFM
Eficiencia	44%	Eficiencia	49%
Eficiencia Total del 28.4%		**Eficiencia Total del 42.4%**	

2.3.7.7 Área preliminar o inicial (Lead-in)

Excepto algunos bloques del final, el Área Preliminar esta formada por bloques ECC, donde están los datos principales que son puestos a "00h". El Lead-in termina con 2 bloques ECC que contienen los datos del código de referencia, 30 bloques de ECC con datos "00h", 192 bloques ECC que contienen datos de Control (información del formato físico, información de fabricación del disco, e información del proveedor del contenido) y otros 32 bloques ECC con datos "00h". Después del área preliminar empieza el área de datos.

El código de referencia contiene un patrón específico de datos fijos y puede ser usado, por ejemplo, para los ajustes de circuitos ecualizadores adaptables.

La Información del formato físico contiene: el modo de “book” utilizado, la versión, el tamaño del disco, la tasa de lectura mínima, la estructura de disco, la densidad de grabación, la asignación del área de datos, el descriptor del BCA, y varios bytes reservados.

La información de fabricación del disco la indica el texto o datos de clave escritos por el fabricante de disco en formato libre, la información del proveedor de contenido la indica el texto o clave escrita por el proveedor del contenido, otra vez en formato libre.

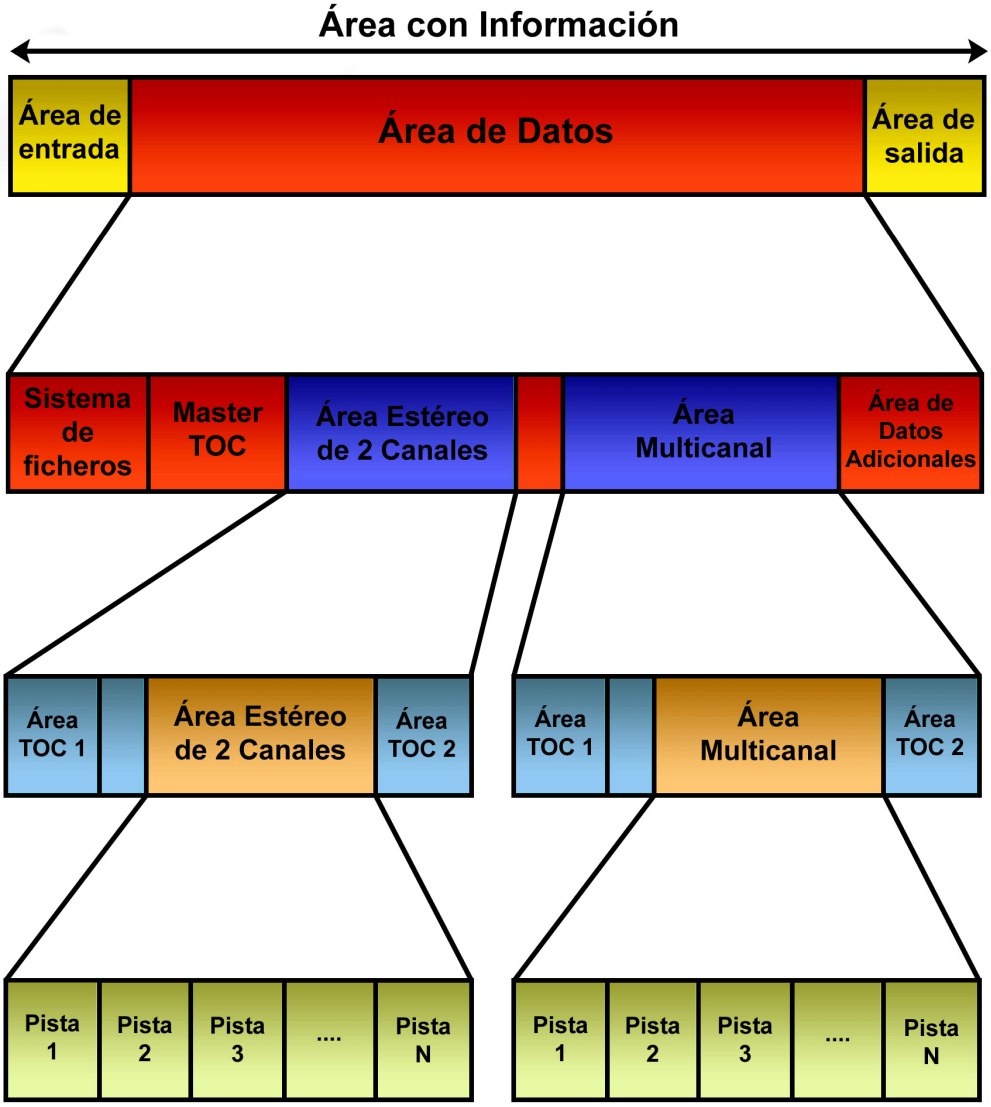
En el Área final o de salida (Lead-out), todos los datos principales son fijados con "00h".

2.3.7.8 Organización de datos

Debido a que la capa de CD de un disco híbrido cumple las especificaciones técnicas del estándar “Red Book”, su estructura interna es la misma que para un disco compacto.

Respecto a la capa de alta-densidad, las pistas estereo DSD de 2 canales canal son presentadas junto música multicanal y ocasionalmente información de texto e imágenes. Todos estos datos tienen que ser organizados para que los reproductores de SACD puedan encontrar y utilizar la información requerida: la música para ser reproducida, la información para ser exhibida,....

La estructura de la capa de alta-densidad se detalla en la siguiente imagen:



Nota: TOC = Table Of Contents - Tabla de Contenidos

El área de información de la capa de alta-densidad es subdividida en el área preliminar o de entrada (Lead-in), el área de datos y el área final o de salida (Lead-out).

La área de datos es subdividida a su vez en el sistema de ficheros, el master TOC, el área estéreo de 2 canales, el área multicanal de 6 canales y el área de datos adicionales.

El área de estéreo de 2 canales y el área multicanal de 6 canales tienen la misma estructura básica: cada área de sonido contiene un área TOC y las pistas de audio. El área estéreo de 2 canales contiene únicamente pistas de sonido de 2 canales, mientras que la área multicanal contiene solamente pistas multicanales. El área opcional de datos adicionales podría contener datos de cualquier clase.

2.3.7.9 Método de acceso

El SACD soporta dos diferentes métodos de acceso:

Usando una estructura TOC jerárquica, con un master TOC y dos Áreas TOC
Usando un sitema de ficheros UDF y/o ISO 9660

Todos los discos incluyen la estructura TOC. El uso del sistema de ficheros es opcional.

2.3.7.10 Estructura TOC

Nota: TOC = Table Of Contents - Tabla de Contenidos

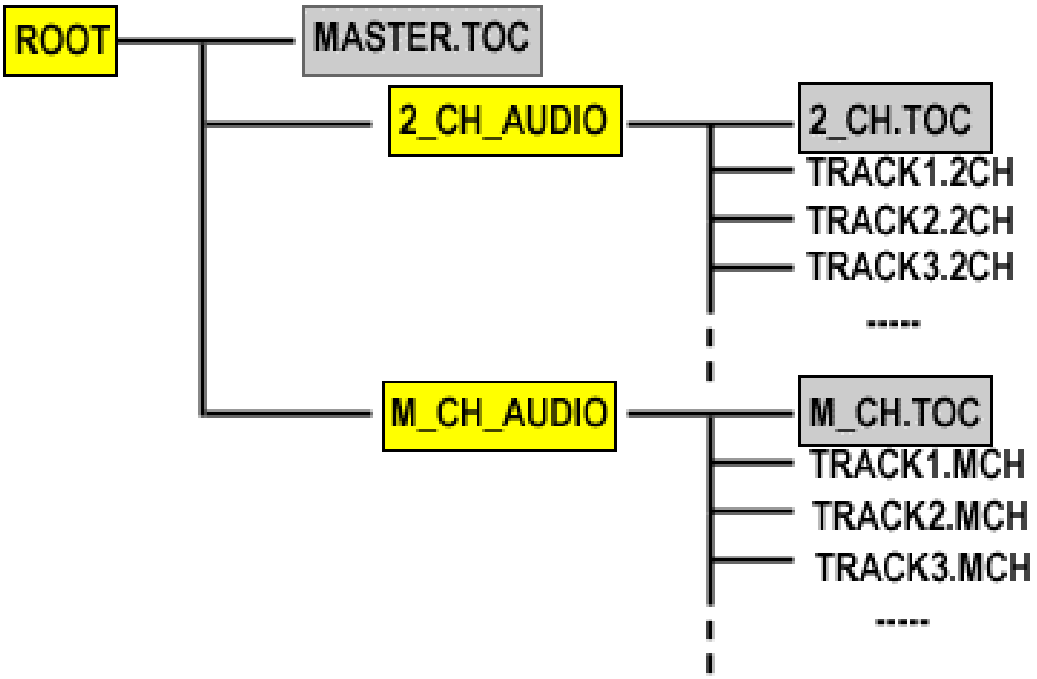
A diferencia del disco compacto, la TOC en el SACD tiene una estructura de dos niveles. El nivel más alto lo forma el master TOC y el nivel más bajo es presentado por dos áreas TOC, una en el área estéreo y la otra en el área multicanal. El área de datos adicionales no contiene área TOC.

El master TOC es almacenado en tres ubicaciones, en los sectores 510, 520 y 530. Éste contiene la información general sobre la capa alta-densidad e información sobre el tamaño y la ubicación de las áreas de sonido. Los sectores más altos del master TOC, opcionalmente, pueden contener una descripción textual del disco, como el título de álbum, artista, editor.... Este texto puede ser guardado hasta en 9 idiomas o caracteres diferentes.

Las áreas TOC están ubicadas al principio y al final de las áreas de audio correspondientes. Un área TOC contiene la información sobre el área de sonido, como la frecuencia de muestreo de la señal de audio, la tasa binaria, el tiempo total de reproducción, el número de pistas, la lista de pistas, y los canales de texto opcionales. Los canales de texto podrían contener información textual, como los títulos de pista, los artistas, los compositores,....

2.3.7.11 Sistema de ficheros

La capa de alta-densidad de un Super Audio CD puede contener opcionalmente un sistema de ficheros UDF y/o ISO 9660. La estructura de los directorios de un disco de SACD tiene la siguiente forma:



Los archivos MASTER.TOC, 2_CH.TOC y M_CH.TOC corresponden al master TOC, al TOC del área estereo y al TOC del área multicanal, respectivamente. Los archivos TRACKn.2CH y TRACKn.MCH corresponden a las pistas de audio estéreo y multicanal respectivamente.

2.3.7.12 Pistas de Sonido

Las pistas de sonido contienen un múltiplex de tramas elementales. Hay dos tipos de tramas elementales: la trama elemental de sonido, una secuencia de frames de audio, y la trama elemental de datos adicionales, una secuencia de frames de datos adicionales. El flujo multiplexado también contiene los encabezamientos para identificar y ubicar las diferentes frames, y las frames de relleno para garantizar una tasa binaria fija cuando se leen los datos del disco, que son usado particularmente en la etapa de control del buffer (ver DST). Todas las frames representan un período de tiempo de 1/75 segundos. Cada frame de audio tiene a su vez un código de tiempo asociado con ella.

Las tramas de datos adicionales pueden contener texto, los gráficos, imágenes fijas,.... Un posible formato de texto de datos adicional es CD Text. Para el CD Text, la trama es dividida en paquetes ITTS de 48 bytes. Otra posibilidad son las imágenes JPEG o MPEG-2.

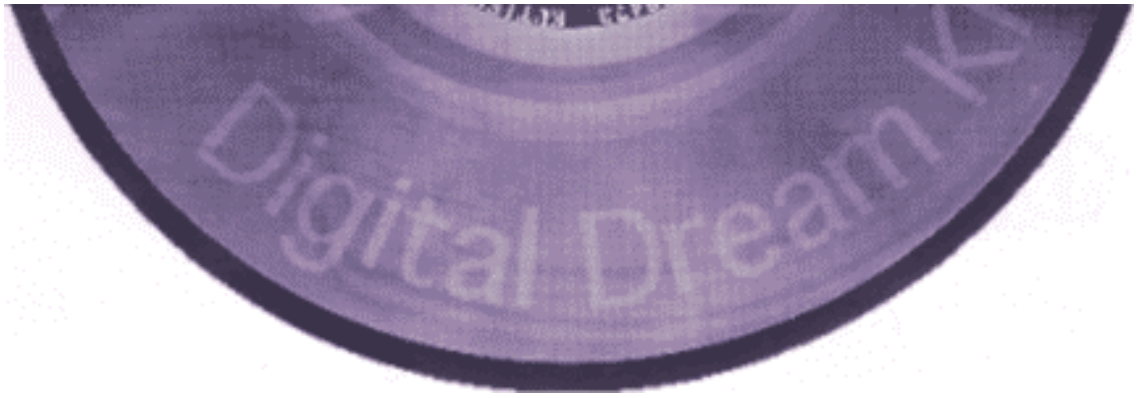
2.3.8 Watermarking Digital

NOTA: Watermarking digital (marca de agua digital) hace referencia al sistema de protección

La piratería del copyright (derecho de autor) y la duplicación ilegal han sido un problema, particularmente para las compañías de edición mas importantes. Sistemas de gestión de copia como el ACMS o SCMS pueden defender satisfactoriamente trabajos de copyright contra la duplicación ilegal. Sin embargo, la falta de la eficiencia para luchar contra las grandes operaciones de falsificación facilita la fabricación en serie de copias ilegales de soportes digitales.

Los datos del Copyright ligados a la señal de audio serían una protección excelente. Sin embargo, muchos intentos en el pasado han mostrado que con tal señal tampoco era demasiado fácil recuperar el flujo de sonido, o estaba afectando la señal de audio original, que personas audiófilas nunca aceptarían tal soporte de audio. Realmente, introducir una señal anti-piratería no debe devolver la calidad de audio a un nivel inferior.

Recientemente, una solución muy ingeniosa ha sido descubierta por Philips y Sony para incluir la información de protección del copyright en el flujo de sonido principal, realizado en una complicada forma que no se puede quitar fácilmente pero que, definitivamente, queda completamente transparente a los datos de audio originales. Es en realidad una forma de "Watermarking Digital" que almacena los datos requeridos de copyright como una modulación del ancho de la inyección moldea los pits sobre el mismo sustrato del disco. Por lo tanto, los datos del copyright no pueden ser reproducidos sin el vidrio que los equipos de masterización usan para fabricar los estampados de los discos originales. Se da por entendido que tal equipo ha sido diseñado específicamente y autorizado cuidadosamente.



Además, la modulación del ancho del pit puede ser sincronizada sobre vueltas consecutivas del disco para así moldear dibujos visibles en el disco. Por lo tanto, texto traslúcido o gráficos pueden aparecer en el lado grabado del disco, con, por ejemplo, el nombre "Watermarking".

Una nueva tecnología, denominada procesamiento de la señal del pit (PSP o Pit Signal Processing), ha sido desarrollada para codificar la información de protección del copyright: la idea detrás de PSP es ajustar el ancho de los pits en el disco. Sin embargo, un aumento del rayo láser afectaría tanto al ancho, como a la longitud de la marca, que sería un crítico problema, ya que la longitud ya se utiliza para modular el flujo principal de sonido.

El truco para modular el ancho mientras se guarda la integridad del flujo principal de sonido, consiste en un bucle de realimentación temporal presentado entre la unidad de PSP y el sistema de chequeo de calidad. Por consiguiente, el proceso de grabación aprende a controlar la longitud de las marcas con suma exactitud al grabar en el sustrato, asegurando que la modulación de ancho requerida para codificar la información del copyright no presente las diferencias de longitud tan indeseadas.

2.3.8.1 PSP y la reducción del Jitter

NOTA: PSP - Procesamiento de la Señal del Pit o Pit Signal Processing
Jitter – Desviación en el instante de muestreo

La precisión incrementada en la longitud de las marcas proporcionada por la tecnología PSP tiene también otra gran ventaja, particularmente para el mercado audiófilo. Realmente, gracias a la modulación EFM usada para codificar los datos en el CD master (ver la modulación del canal), pits (y los espacios entre ellos) solo pueden variar de longitud en valores enteros entre 3 y 11 unidades. Sin embargo, aunque los errores leves en duración de pits casi nunca resultarían un valor entero distinto (y consecuentemente no afectarían a los datos de sonido), tales diferencias podrían causar jitter, en otras palabras, diferencias en el sincronismo de datos. Tales errores son atribuibles a las tolerancias normales del masterizado del vidrio y el moldeado por inyección.

El jitter resultante afecta a la calidad de sonido, emborronando la representación del sonido e incrementa el ruido en alta frecuencia. Prácticamente, el jitter puede hacer una diferencia entre discos diferentes de un a misma partida, o se puede notar mientras reproducimos el mismo disco en reproductores diferentes que presentarían más o menos susceptibilidad al jitter (aquí, el énfasis también tiene que ser puesto sobre la calidad del mecanismo del rayo láser que se irá de un extremo al otro mientras usemos respectivamente productos de bajo coste o productos high-end). El ajustado control sobre la duración del pit proporcionada por el PSP, provoca que el sistema de planchado disminuya su producción de jitter, por lo menos, en un factor de dos, y potencialmente mucho más. Por consiguiente la calidad de audio, que es afectada por el proceso de moldeado por inyección, puede ser mejorada considerablemente.

Junto a la visible watermark (marca de agua) sobre la superficie de reproducción del disco, el PSP también puede usarse para almacenar información iremovible como el país del origen, empresa de masterización, códigos de identificación de la planta de planchado, número de la matriz master de vidrio, números del catálogo ISRC del disco, etcétera.

El Watermarking Digital sobre la base del sistema PSP ya ha demostrado su eficiencia: si un disco sin la información del copyright o con la información del copyright alterada, es insertado en un reproductor de SACD, la reproducción empezará por unos segundos, y luego el disco sólo será expulsado del reproductor. Ha sido determinado por ley de que todos los reproductores híbridos tienen que estar equipados con la circuitería de detección de PSP apropiada.

Por supuesto, el procesamiento de señal de pit es solamente aplicada a la capa de alta-densidad de un disco de SACD, mientras que la capa de CD queda completamente compatible con las especificaciones “Red Book”, y puede ser reproducido en cualquier reproductor de discos compactos.

Como conclusión, el SACD parece probar que un sistema muy eficiente de protección del copyright puede ser compatible con un formato de sonido de auténtico high-end, y de tal modo que no sea modificado de alguna manera por este sistema, y por lo tanto, poderse reproducir la música original en su más mínimo detalle.

2.4 El DVD Audio

2.4.1 El formato DVD

2.4.1.1 DVD Introducción

Incremento de la capacidad para video de alta calidad, audio y software.

DVD, el Disco Versátil Digital tiene una alta capacidad de almacenamiento con el mismo tamaño de 12cm del CD convencional, capacidad que se puede usar para video, juegos y aplicaciones de audio. Las Capacidades para disco de sólo-lectura varían entre 4.7GB hasta 17.1GB.

La elevada calidad de video y audio debe ayudar al DVD-Video a remplazar el VHS para títulos pre-masterizados y para incrementar el mercado del video en general en la mayoría de regiones. La estadística nos muestra que el DVD está creciendo más rápido que cualquier otro formato electrónico de consumo en Europa y en USA. Los PCs con capacidad de DVD se están vendiendo igualmente, pero las aplicaciones de juegos y multimedia de DVD han tenido un lento comienzo. La salida de nuevas consolas de juego que usan DVD ayuda a estimular ventas a largo.

2.4.1.1.1 Aplicaciones del DVD

A pesar del éxito del CD había una clara necesidad de un formato de alta capacidad para encontrar requerimientos de aplicación.

- DVD-Video, que fue lanzado en 1997 en USA se ha convertido en el mas exitoso de todos los formatos de DVD, así como ha probado ser un vehículo ideal para la distribución de contenidos de video de la industria cinematográfica. Puede almacenar una película entera de video de gran calidad con sonido envolvente en un disco del tamaño del CD.

- DVD-ROM, Está empezando a reemplazar al CD-Rom y proporcionar un nuevo formato de disco de alta capacidad para la industria de la informática. Los nuevos PCs están provistos con lectores DVD en lugar de CD. La industria del entretenimiento ha desarrollado nuevas consolas de juegos (ejemplo: PS2 de Sony , Xbox de Microsoft) las cuales incorporan lectores de DVD-ROM para aplicaciones de juego mas sofisticadas y realistas.

- DVD-Audio, que fue lanzado en el año 2000, está lentamente cogiendo impulso para convertirse en un formato de muy alta calidad de música con sonido envolvente, ofreciendo a la industria musical, nuevas oportunidades de ingresos.

- Grabable, los formatos grabables como el DVD-Ram, DVD-RW, DVD-R, DVD+R,DVD+RW, en estos momentos son utilizados extensamente para

copias en los PCs, grabaciones cortas en DVD, y para aparatos autónomos de grabación como Grabadores de Video o Cámaras.

La tecnología de DVD ofrece un disco óptico con mucha mas capacidad que el CD y está disponible como una familia de formatos Pregrabados, Grabables, y Regrabables para encontrar los requerimientos para las industrias y aplicaciones mencionadas arriba.

El Software y Hardware del DVD-Video y DVD-Rom están disponibles desde el año 1997. El DVD-Audio se lanzó en el 2000. Las grabadores de DVD y los grabadores de video DVD ya están disponibles a precios asequibles.

2.4.1.1.2 Características del DVD

El DVD empezó como el Disco de Video Digital, pero ahora significa Disco Versátil Digital o simplemente DVD. Es una familia de formatos de disco óptico de multiaplicación para solo-lectura, grabado y regrabado. Las principales características de los formatos de DVD son:

- Compatibilidad hacia atrás con los medios CD en uso. Todo el Hardware DVD reproducirá Audio CDs y CD-Roms (pero bien no todo el Hadware reproducirá CDs grabables o regrabables.
- Dimensiones físicas idénticas al CD, pero usando dos sustratos delgados de 0.6 mm adheridos.
- Opciones de simple-capa/doble-capa y una cara/dos caras
- Mas de 4.7 GB de capacidad de solo lectura por capa, 8.5 GB por cara, máximo.
- Diseñado desde el principio para Video, Audio y Multimedia. No solo para Audio.
- Todos los formatos utilizan un sistema de ficheros comunes (UDF)
- Copia de protección Digital y Analógica para DVD-Video y para DVD-Audio incluida en el estándar.
- Las versiones grabable y regrabable son parte de la familia.

2.4.1.1.3 Historia del DVD

El DVD empezó en 1994 DVD con dos formatos en competencia directa, Super Disc (SD) y CD Multimedia (MMCD). Ahora, el DVD, es el resultado de un acuerdo entre los dos bandos en un mismo estándar para buscar los requerimientos de todas las industrias involucradas en el proyecto.

Año	Eventos
1	Un comité de Hollywood definió las características para películas en un Compact Disc.
1995	Philips y Sony anunciaron y demostraron el **MMCD.** Toshiba y Warner anunciaron y demostraron el **SD.**
	Se alcanzó el acuerdo de un único formato estándar, llamado DVD, que combina lo mejor del MMCD y del SD.
199	Se publicaron las especificaciones del DVD-ROM y del DVD-Video en su versión 1.0.
	Se aceptó el esquema de protección de copia (CSS).
	El primer reproductor de DVD-Video se vendió en Tokio (Noviembre).
1997	Se lanza el DVD en EEUU (Agosto).
	El Consorcio DVD se convierte en el DVD Forum, expandiendo su comunidad de miembros y celebrando la primera conferencia del Forum DVD con 120 miembros.

1998	Se publican las especificaciones del DVD-Video versión 1.1 y del DVD-ROM versión 1.01.
	El DVD Forum adopta el DVD-regrabable.
	El DVD Forum anuncia 7 nuevos miembros del Comité directivo del DVD (DVD steering committee) convirtiéndose en un total de 17.
	El DVD Forum publica las especificaciones del
	Lanzamiento total del DVD en Europa. 1 millón de reproductores de DVD-Video se
	Publicación de las especificaciones del DVD-R de 4.7GB y del DVD-RAM, versión 1.9
99	Se publican las especificaciones del DVD-Audio (1.0), Grabación de DVD-Video (0.9 y 1.0), DVD-
2000	Se acepta la protección de copia CPPM para el DVD-Audio.
	oductores de DVD-Audio en EEUU (Julio)
	oviembre)
	Se publican las siguientes especificaciones: DVD- DVD-R general (2.0) y Grabación Trama DVD (0.9).
2001	Discos y reproductores DVD-Audio, disponibles.

	Se lanzan los grabadores de DVD Video en Europa.
	Se publican las especificaciones siguientes: DVD-Multi (1.0), Grabación trama DVD (1.0), DVD-
	Se emiten la pautas para la transmisión DVD-
2002	Se crea el WG-11para estudiar los futuros forma-
	Se emiten las especificaciones de la grabación DVD-Audio versión 0.9
	El DVD Forum consideró un formato Híbrido para
2003	El DVD Forum rechaza el formato híbrido del DVD-Audio.
	caciones del iDVD para proporcionar funciones interactivas mejoradas para el DVD-Video.
	HD DVD versión 0.9 y añade a 3 nuevos miembros al Comité Directivo.

2.4.1.2 Especificaciones Físicas del DVD

Por favor, Nótese que las descripciones de abajo representan un breve sumario de las especificaciones del DVD que pueden ser obtenidas del DVD Forum.

Las especificaciones técnicas del DVD están contenidas en 5 libros de A-E, publicados por el DVD Forum.

Libro	Nombre	Parte 1 Física	Parte 2 Sistema ros	Parte 3	Versión
A	DVD-ROM	Sólo-le	ISO 9660 + UDF	Indefinidas	1.01
B	DVD-Video	Sólo-lectura	UDF	MPEG-2 video	1.1
C	DVD-Audio	Sólo-lectura	UDF	Audio de Alta	1.2
D	DVD-R	Graba una so	UDF	No definidas	2.0
E	DVD-RAM y DVD-RW	Re-grabables		No definidas	2.0

Parámetros Físicos

La tabla inferior resume los parámetros físicos del DVD y los compara con el CD y con el CD-ROM.

Parametro	CD	DVD		Comentarios
Capas	1	simple	dual	Ver Formatos del disco
Grosor (mm)	1.2	0.6		2 x 0.6 mm
Caras	1	2		Sustratos DVD adheridos

Distancia entre pistas	1.6	0.74		micras
Longitud mínima del pit	0.83	0	0.44	micras
Velocidad de escaneo	1.3	3	3.84	m/sec
	780	635/650		
Apertura numérica	0.45	0		
Modulación	EFM	8 a 16		EFM de 8 a 17
Protección de errores	CIRC	RSPC		Bloque de protección para
3ra capa ECC	CD-ROM	No		No necesitada para DVD
Subcódigo/Pistas	Sí	No		No necesitada para DVD

2.4.1.2.1 Estructura del Sector del DVD

Los datos en un DVD están organizados como sectores de 2048 bytes + 12 bytes de datos de encabezamiento (ver debajo).

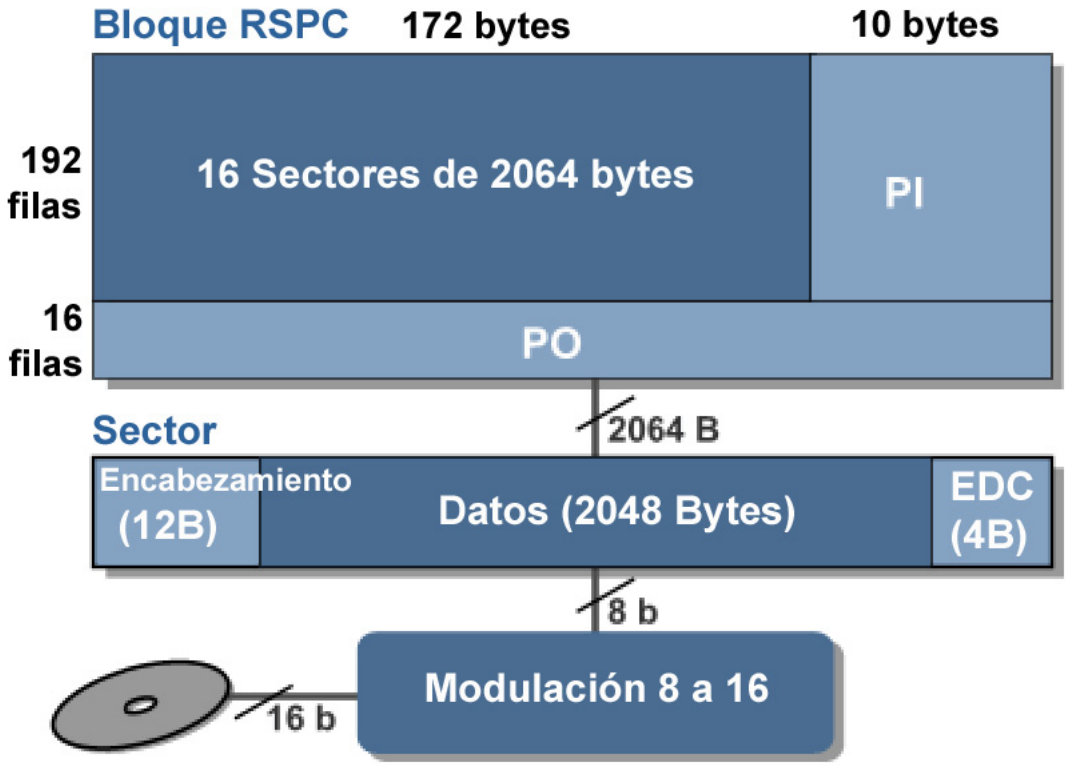
Encabezamiento			***Datos de Usuario***
ID	**IED**	**CPR_MAI**	
12 bytes			2048 bytes

El encabezamiento contiene la siguiente información:

Campo	Bytes	Contenidos
ID	4	Tipo de sector, tipo de datos, número de capa y número de sector
IED	2	Código de corrección de errores ID
CPR_MAI	6	Protección de copia y código de región para DVD-Video

2.4.1.2.2 Bloque RSPC para corrección de errores

Bloques de 16 sectores están protegidos de errores usando RSPC (Código Producto de Reed-Solomon), el cual está orientado al bloque y es mas conveniente para los discos regrabables (con escritura en paquetes) que el CIRC que no usa un formato de bloque. Los datos PI y PO son bytes de paridad calculados vertical y horizontalmente sobre los bytes de datos.

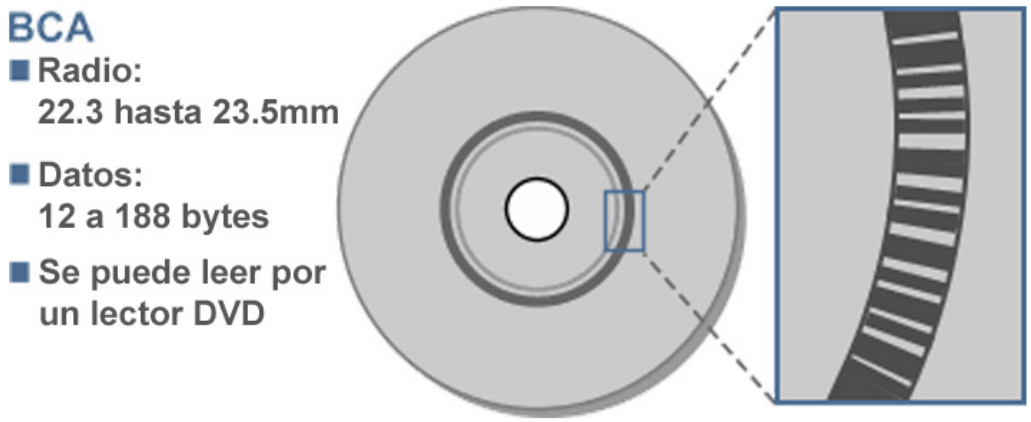


Adicionalmente, el DVD usa de 8 a 16 esquemas de modulación dando longitudes de pit de 3 a 14 (mínimo y máximo de longitud, respectivamente) comparados con los 3 a 11 de la modulación EFM. Esto es solo una pequeña diferencia pero hace que las especificaciones del jitter sean ligeramente mas ajustadas.

2.4.1.2.3 Área de Corte de Arranque (BCA o Burst Cutting Area)

El BCA es un área de anulación inscrita dentro del centro del disco donde un código de barras puede estar escrito como información adicional como números de serie. El BCA puede ser escrito durante la masterización y será común para todos los discos de este máster o, mas habitualmente, será escrito usando un láser YAG para "cortar" el código de barras dentro de la capa reflectiva de aluminio del disco final.

Los datos almacenados en el BCA pueden ser desde 12 hasta 188 bytes en pasos de 16 bytes. El mal predestinado formato DivX usaba el BCA excepcionalmente para identificar cada disco. Nuevos usos de similar tecnología están siendo desarrollados para el uso del BCA como un único, inalterable contenido para identificar cada disco individualmente.



2.4.1.2.4 Protección contra la copia

Un número de diferentes tecnologías de protección contra la copia están disponibles para DVD y dependen del formato de aplicación para ser protegido..

Los títulos DVD-Video pueden ser protegidos por **CSS** (Content Scrambling System o Sistema de Mezclado de contenidos) y por **ACP** de Macrovision.

Los títulos DVD-Audio pueden usar **CPPM** (Content Protection for Pre-recorded Media o Protección del Contenido para los medios pregrabados)

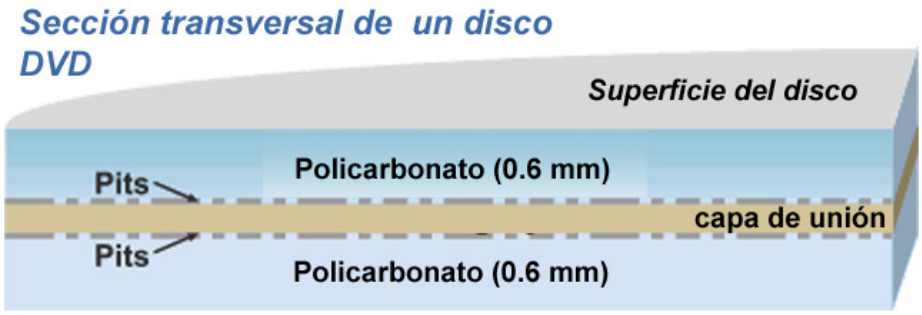
Los discos DVD-ROM pueden utilizar **SecuROM** como protección anti copia, igual que se utiza en DVD y CD-ROM.

Los discos Grabables pueden usar **CPRM** (Content Protection for Recordable Media o Protección del Contenido para los Medios Grabables)

Los sistemas Watermarking (Marca de Agua) han sido desarrollados para ambos contenidos, Audio y Video, y están siendo testados. (El SACD ya incorpora este tipo de sistema de protección). Estos sistemas permiten, que la fuente y propiedad, del audio o video, sea verificada.

2.4.1.3 Diseño de discos DVD y Formatos

Con un rango de formatos físicos y capacidades desde 4.7GB hasta 17GB
Los discos DVD tienen las mismas dimensiones físicas que los CDs, pero cada DVD se compone de dos sustratos adheridos, cada uno de 0.6 mm de grosor



Esto ofrece la posibilidad de discos con 1 o 2 caras y 1 o 2 capas, ofreciendo 4 posibles formatos de solo-lectura:

Nombre	Capacidad (GB)	Capas	Caras	Comentarios
DVD-5	4.7	1	1	Simple cara/capa
DVD-9	8.54	2	1	Doble capa
DVD-10	9.4	1	2	Doble cara
DVD-18*	17.08	2	2	Doble cara/capa

*DVD-18 es difícil de fabricar

Los formatos de doble cara, tienen un pequeño espacio para una etiqueta , además, el disco tiene que girarse para reproducir las dos caras.

Nota: 1 GB = 1,000,000,000 bytes.

2.4.1.3 Diseño de Discos DVD y Formatos

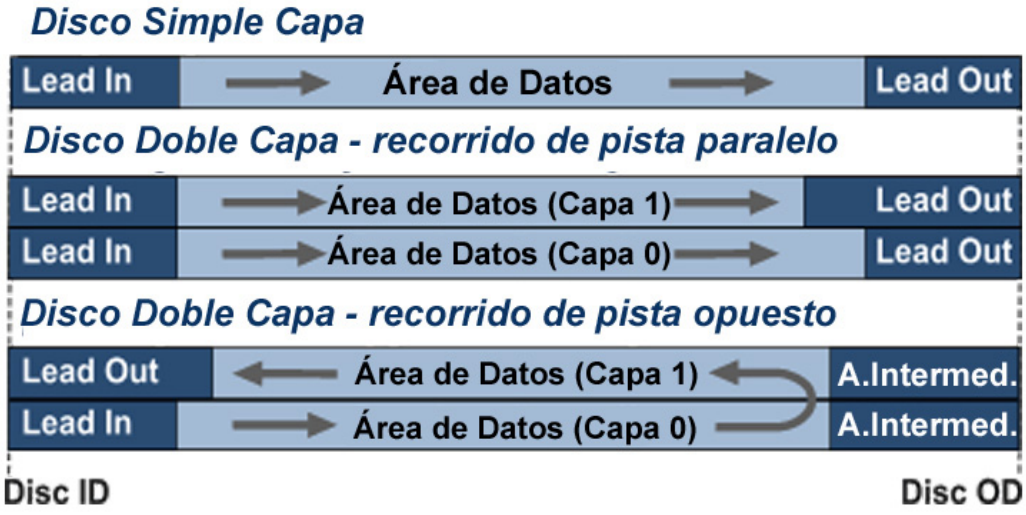
Diseño de Discos DVD

Cada capa de un disco DVD contiene un Área Preliminar, un Área de Datos, y un Área final, como en el caso del CD. Para los discos de doble capa (DVD-9), las 2 capas comprenden un volumen único pero pueden estar organizadas de 2 modos distintos dependiendo de la aplicación:

Ruta de Pista Paralela (PTP o Parallel Track Pitch), donde las 2 capas empiezan en el diámetro interior (ID) y acaban en el OD con el área final. Esto es conveniente para DVD-ROM.

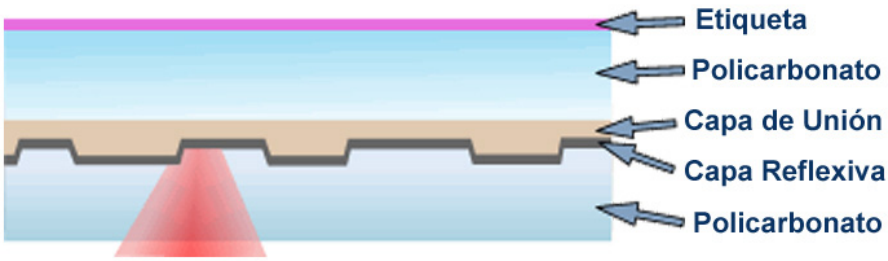
Ruta de Pista Opuesta (OTP u Opposite Track Path), donde la capa 0 comienza en el ID y la capa 1 empieza donde acaba la capa 0. Para estos discos hay un área preliminar (sobre la capa 0) y un area final (sobre la capa 1) y dos áreas en el medio. Esto es conveniente para DVD-Video donde una película puede ocupar las dos capas con una capa de interrupción en el medio. Usar OTP permite un salto perfecto desde la capa 0 hasta la capa 1.

Estos diseños para discos de simple y doble capa, son ilustrados a continuación:



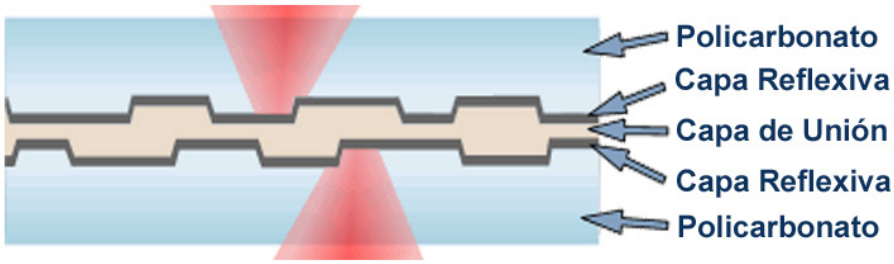
DVD-5 (4.7GB) Simple capa/Simple cara

El DVD-5 es el disco más sencillo de la familia, comprende una capa simple con una capacidad de 4.7 GB. Sólo uno de los dos sustratos de 0´6 mm. Contiene datos, el otro es un disco vacío. Los dos sustratos se adhieren juntos para formar un disco de 1´2 mm. De grosor.



Los discos de simple capa pueden ser impresos con cualquier método convencional. Opcionalmente el sustrato vacío puede ser moldeado por una imagen en su superficie y después metalizado para ser visible.

DVD-10 (9.4GB) Simple capa/Doble cara

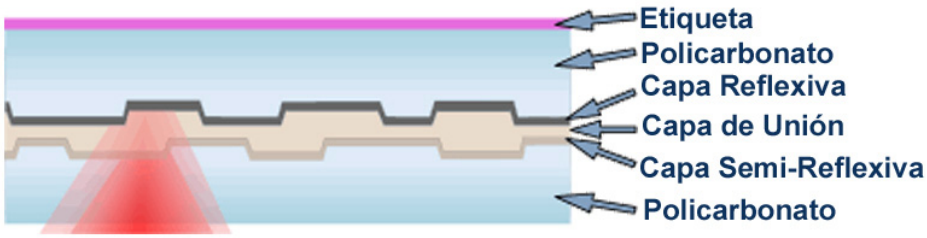


Este disco comprende dos caras con capas simples. Esto difiere de la versión DVD-9 en la q ambos sustratos contienes datos. Para leer ambas caras, el disco necesita sacarse de la mayoría de reproductores DVD. La capacidad es de 9.4 GB. el doble que la versión de simple capa/simple cara.

Los discos de doble cara no pueden ser impresos, excepto en un área central dentro del área preliminar. El etiquetado es, por lo tanto, un problema para estos discos.

DVD-9 (8.5GB) Doble capa/Simple cara

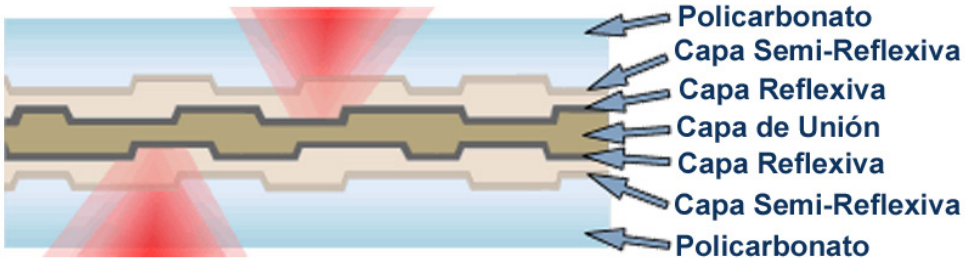
Esta versión de doble capa y simple cara tiene una capacidad de 8.5 GB., un poco menos q el doble de la versión de simple capa, para hacer más sencilla la lectura de la segunda capa. Los pits en ambas capas son un 10% más largos en un disco DVD-5 o DVD-10.



Cada capa es moldeada en un sustrato, los dos sustratos se unen con un sistema de unión óptico-transparente. Estos discos pueden ser impresos después de la unión por un método convencional.

DVD-18 (17.1GB) Doble capa/Doble cara

Esta versión comprende dos caras, cada una de doble capa. Ambas capa de cada cara puede ser fabricadas en un único sustrato de policarbonato.



Este es el que almacena más capacidad de toda la familia, pero es el más difícil y complejo de fabricar. Cuatro matrices se necesitan para crear las cuatro capas.

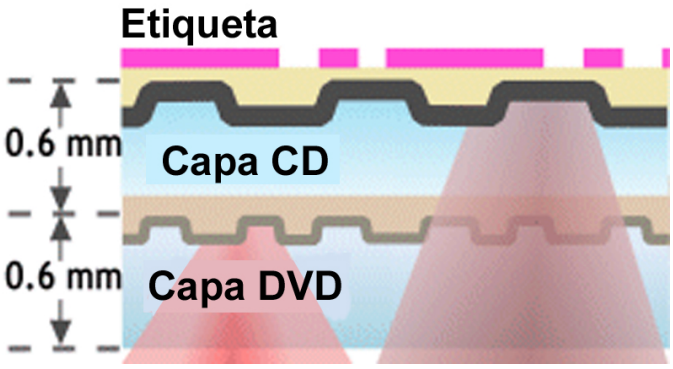
Combinación de Formatos e Híbridos

Incluyendo los formatos DVD Híbrido y DVD-Plus

Un número de formatos que combinan diferentes formatos en diferentes capas han sido desarrollados, a pesar de que no todos están aprobados por el DVD Forum.

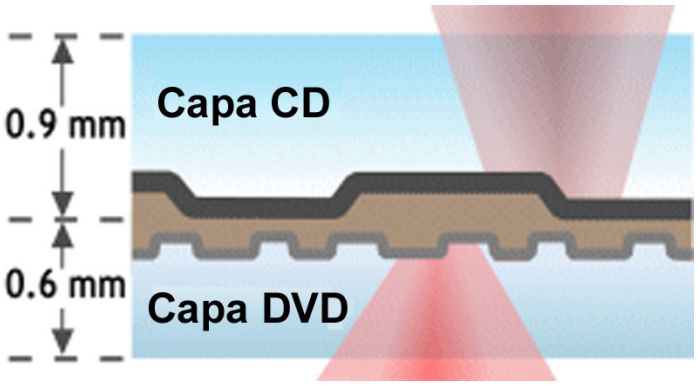
2.4.1.4 Formatos combinados de disco e híbridos

Los Formatos combinados de disco, por ejemplo, combinando DVD-Rom en una cara con DVD-Ram en la otra, han sido aprobados por el DVD Forum. Estos discos son de doble cara y son leídos por ambos lados.



DVD Híbrido

El DVD Híbrido es un formato parecido al SACD híbrido, ha pasado un estudio y varios tests sobre capacidad de reproducción por el DVD Forum, pero ha sido rechazado por razones de compatibilidad. El principal problema es que muchos reproductores DVD han sido diseñados para buscar primero una capa CD y luego reproducirla, ignorando así la capa DVD.



DVD Plus

El DVD Plus se refiere al disco que comprende un CD unido a un sustrato DVD. El disco resultante permite leer datos de CD y DVD desde un mismo disco, como un DVD híbrido, pero el disco es leído por las dos caras.

Las primeras versiones de este formato tenían un grosor de 1.8mm, pero se han reducido hasta 1.5mm. Al respecto del tiempo de escritura, no ha sido aprobado por el DVD Forum, pero puede utilizarse en vez de la versión híbrida para añadir compatibilidad CD a discos DVD-Audio.

2.4.1.5 Sistema de Ficheros del DVD

Todos los discos DVD usan un sistema de archivos UDF, diseñados para ambos, solo lectura y discos grabables.

Un nuevo sistema de archivos se eligió para el DVD, el cual podría convenir a ambas versiones, solo-lectura, y regrabable. Este sistema de archivos es un subgrupo del UDF (Universal Disk Format o Formato de Disco Universal), llamado micro UDF (M-UDF). Las principales características son:

- Robusto intercambio de ficheros
- Sistema y distribuidor independiente
- Medios Grabables y de solo-lectura
- Basado en ISO 13346

El UDF se ha extendido para proveer las características necesarias para ambos discos, regrabable y grabables. Una combinación de UDF ISO 9660 (conocido como puente UDF) se usa en algunos discos DVD para prorporcionar compatibilidad con sistemas operativos existentes, incluyendo Windows 95. las aplicaciones pueden acceder a los ficheros de datos usando , o ISO 9660 , o estructuras de ficheros UDF, pero la recomendación es de usar UDF.

2.4.1.5.1 Estructura del Directorio

La estructura del directorio de un disco DVD se muestra debajo, donde solo los directorios VIDEO_TS y AUDIO_TS son obligatorios. Los ficheros que no son para DVD-Video o DVD-Audio están contenidos en otros directorios a requerimiento de la aplicación.

Los discos DVD-Video solo utilizan UDF (no ISO 9660) con todos los datos requeridos especificados UDF e ISO 13346 para permitir la reproducción en ordenadores. Los archivos DVD-Video no deben ser mayores de 1GB en tamaño y ser grabados como una única extensión (es decir, en una secuencia continua). El primer directorio en el disco debe ser el directorio VIDEO_TS, conteniendo todos los ficheros. Todos los nombres de archivo están en formato 8.3. El resto de ficheros no incluidos en las especificaciones DVD-Video, serán ignorados por los reproductores DVD-Video.

Los Discos DVD-Audio solo usan UDF y los ficheros están contenidos en el directorio AUDIO_TS.

Los Discos DVD-ROM usan UDF (mas ISO 9660 para la compatibilidad con Windows 95). La especificación del puente UDF no incluye explícitamente las extensiones de archivos Joliet para ISO 9660 que se necesitan para nombres largos de ficheros.

2.4.1.6 DVD Forum y DVD FLLC

Las especificaciones del DVD han sido producidas y publicadas por el DVD Forum.

El DVD Forum se llamó originalmente consorcio DVD y comprendía a los siguientes 10 miembros, que eran responsables del desarrollo del estándar del DVD original y las especificaciones.

- AOL Time Warner
- Hitachi
- JVC
- Matsushita
- Mitsubishi
- Philips
- Pioneer
- Sony
- Thomson
- Toshiba

Sete nuevos miembros fueron adscritos al consorcio DVD para formar el Comité Directivo DVD:

- IBM Corporation
- Instituto de investigación tecnológica industrial de Taiwan
- Intel Corporation
- LG Electronics
- NEC Corporation
- Samsung Electronics
- Sharp Corporation

En Diciembre, el Comité Directivo se incrementó a 20 miembros, con la adición de las siguientes compañías.

- Microsoft
- Sanyo
- Walt Disney

Ahora, el DVD Forum acaba de superar los 200 miembros. Asambleas generales del DVD Forum tienen lugar anualmente y los miembros tienen derecho a asistir a ellos. Existen 2 categorías de miembro del DVD Forum:

Miembros principales (o 'A') que pueden votar en las asambleas generales y participar en grupos de trabajo.

Miembros asociados (o 'B') que pueden presenciar, pero no votar, las asambleas generales. Tampoco pueden participar en grupos de trabajo.

Grupos de Trabajo del DVD Forum

El DVD Forum continua el mantenimiento y mejora de las especificaciones describiendo varios estándares y llevando a cabo otro trabajo relacionado con el soporte de los formatos. Este trabajo está siendo sacado adelante por un número de grupos de trabajo , bajo el grupo de coordinación Técnica TCG (Technical Coordination Group)

WG	Formato(s)
WG-1	**DVD-Video** Crea y mantiene las especificaciones de aplicaciones de video. WG-1 también está creando la versión 2.0 de las especificaciones para HD video.
WG-2	**DVD-ROM** Crea y mantiene las especificaciones para el DVD de solo-lectura. Ahora incluye extensiones para lectura 3x.
WG	**Sistema de Ficheros** Crea y mantiene las especificaciones del sistema de ficheros para todos los tipos de discos DVD e implementaciones de sistemas de archivos para aplicaciones específicas.
WG-4	**DVD-Audio** Crea y mantiene las especificaciones de aplicaciones de Audio.
WG	**DVD-RAM** Crea y mantiene las especificaciones físicas para el formato de disco DVD-Regrabable.
WG-6	**DVD-R** Crea y mantiene las especificaciones físicas para el DVD-Grabable.

	DVD-RW Crea y mantiene las especificaciones físicas para el disco DVD-Regrabable.
WG-9	**Protección de copia** Revisa las propuestas de protecciones anticopia y realiza propuestas para el Grupo de Coordinación Técnica.
WG-10	**Uso Profesional** Crea formatos de aplicaciones DVD para uso industrial y de broadcasting.
WG-11	**Formatos de Láser Azul.** Estudia propuestas para la nueva generación de formatos de Láser Azul, los que comprenden los formatos de 2 x 0.6mm HD DVD.

Corporación de Licencias del Formato y Logotipo DVD

En el año 2000, el DVD FLLC (Format/Logo Licensing Corporation) se estableció para tratar las especificaciones DVD que se publicaban, garantizar licencias a los fabricantes y supervisar el uso de los logotipos DVD.

Todos los fabricantes de Hardware, discos, y productos DVD, deben poseer licencia y los primeros productos deben estar verificados para asegurar que todos los reproductores reproducirán el total de los discos. Los logotipos correctos deben ser usados para los productos apropiados en la forma conveniente.

El DVD FLLC está llevando acciones firmes contra las compañías que están fabricando o vendiendo productos sin licencia o usando logotipos incorrectos.

2.4.2 La extensión DVD-Audio

2.4.2.1 Especificaciones DVD-Audio

El DVD-Audio ha sido diseñado para una alta calidad sin compromisos, flexibilidad y características no-audio.

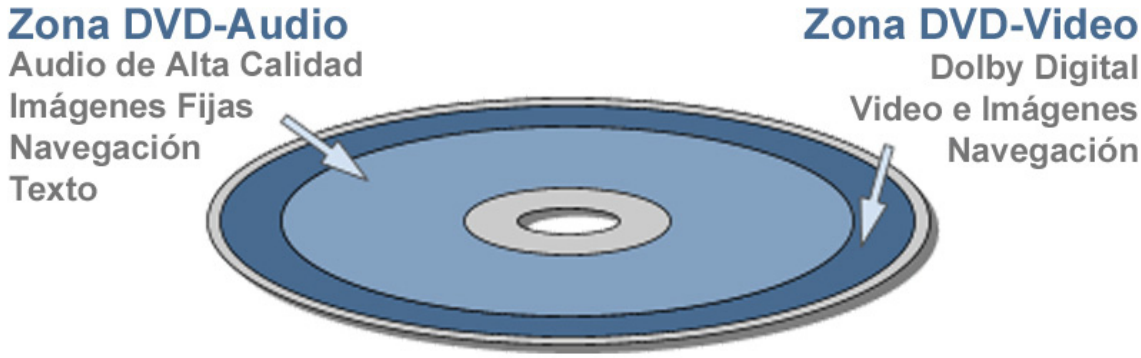
Los discos DVD-Audio son físicamente idénticos a los DVD-Video y DVD-ROM, pero los archivos de datos son diferentes. El DVD Forum ha considerado un formato híbrido de DVD, en adición a los ya especificados anteriormente, pero existen problemas de compatibilidad. Como resultado, es probable que un formato de doble cara ('DVD Plus') sea intruducido para prorporcionar la compatibilidad con el CD.

2.4.2.2.1 Estructura del DVD-Audio

Los datos del DVD-Audio comprenden objetos de audio e información de dirección como archivos de datos contenidos en el directorio AUDIO_TS. Los datos de video adicionales en un disco de DVD-Audio comprenden archivos de objetos de video contenidos en el directorio VIDEO_TS y obedecen a un subconjunto de especificaciones del DVD-Video, sin multi-ángulo o ramificaciones.

Debido a las limitaciones del ancho de banda, no es posible almacenar audio de alta calidad y video, como parte de la misma secuencia AV en un disco DVD. Por lo tanto, cualquier video de un disco de DVD-Audio usará un sistema de audio codificado existente y específico para DVD-Video, incluyendo dolby digital, DTS y LPCM.

La siguiente imagen muestra un disco DVD-Audio con el contenido adicional de Video.



Los datos de Audio comprenden una única trama sin otras tramas de datos. Por lo tanto, no es posible entrelazar el audio con otros datos como imágenes.

Estos y otros datos deben ser precargados dentro de la memoria del reproductor antes de reproducir el audio o durante silencios mientras ningún sonido es

reproducido. Los datos de Video pueden (opcionalmente) seguir los datos de Audio, contenidos en el directorio VIDEO_TS

2.4.2.1.2 Grupos y Pistas

Cada cara de un DVD-Audio se llama Álbum. Cada cara de un disco DVD-Audio disc se llama Álbum. Cada álbum puede estar subdividido en un máximo de 9 grupos, cada grupo puede estar dividido en 99 pistas. Y cada pista en 99 índices.

Para los propósitos de navegación hay una capa adicional entre Grupos y pistas, que comprende títulos de audio (ATTs). Contienen entidades lógicas que se usan para asignar pistas a grupos. Un grupo puede comprender una o más ATTs y cada ATT puede vincularse con una o más Pistas. Una ATT puede ser usada para reproducir solamente pistas de audio o contenidos de video (para reproductores que admitan video). Los ATTs son ignorados por los Reproductores que solo admiten audio. Esta estructura se muestra en el diagrama inferior.

2.4.2.1.3 Discos DVD-Audio y Reproductores

El WG4 ha definido dos versiones diferentes para el disco DVD-Audio. Un formato, para aplicaciones puras de sonido, y el otro para el audio con Vídeo. Con el DVD-vídeo esto da un total de tres formatos, que se muestran en la lista de abajo.

Formato	Contenidos	Reproducción
DVD-Audio (no video)	Disco de Audio con texto opcional, menús e imágenes, pero no video.	Reproductores Universales

DVD-Audio (con contenido de video)	ideo de un subconjunto de las especi- Video	Reproductores Universales y Reproductores DVD-Video (solo la parte de video)
DVD-Video	Video pero no el contenido de Audio	Reproductores DVD-Video y Universales
Híbrido	DVD-Audio (y DVD-Video) además de una capa CD.	Reproductores DVD-Audio (y DVD-Video) y también CD

Todos los discos DVD-Audio también se aprovecharán en reproductores de solo-audio (como reproductores para automóvil) sin pantalla de visualización, similar a los reproductores de audio CD. Nótese que es recomendable que todos los discos incluyan una sección de DVD-Video con Audio en formato Dolby Digital para la compatibilidad con los millones de reproductores DVD existentes.

2.4.2.2 Codificación del Audio.

La especificación DVD-Audio hace uso de un sistema lineal de PCM de codificación estéreo y multicanal, control de mezcla y formatos de audio opcionales. El video utiliza la misma codificación de Audio que los discos DVD-Video.

Parametro	Objetos de Audio	Objetos de Video
Modo de codificación	LPCM o MLP	LPCM o Dolby Digital
Frecuencia de Muestreo (kHz)	44.1/48/88.2/96/ 176.4/192	
Bits por muestra	16/20/24	16/20/24

Canales máximos	6 (@ 96 kHz) or 2 (@ 176.4/192 kHz)	6 o 8
Tasa binaria máxima	9.6 Mb/s	6.144 Mb/s

Como muestra esta tabla,el DVD-Audio ofrece tasas muestreando por encima de los 192kHz para audio estereo, y más de 6 canales de 96kHz máximo para el sonido envolvente. Anchos de banda de audio superiores a 96kHz son , por lo tanto posibles con una señal de ruido proporcional de más de 144dB.

2.4.2.2.1 Grupos de canales

La tasa de datos máxima para datos de audio es 9.6Mb/s, lo que significa que la frecuancia de muestreo para el audio multi-canal está limitada a 96kHz o menos. Para hacer un mejor uso del ancho de banda disponible, el DVD-Audio multi-canal puede ser codificado como dos grupos de canales con distintos parámetros (frecuencias de muestreo y cuantizaciónes) para cada grupo.

Los grupos de canales pueden ser usados por cualquier número de canales desde tres (L, R y C) en adelante. Nótese que las frecuancias de muestreo y cuantizaciones(bits por muestra) utilizados deben ser como los mostrados en la tabla inferior.

Parametro	Grupo de Canales 1	Grupo de Canales 2
Frecuencia de Muestreo	48kHz	48kHz
	96kHz	96 o 48kHz
	44.1kHz	44.1kHz
		88.2 o 44.1kHz
Bits por muestra	16 bits	16 bits
	20 bits	20 o 16 bits

24 bits	24, 20 o 16 bits

Para frecuancias de muestreo de 176.4 y 192kHz el número de canales es dos o menos, así pues sólo un grupo de canales se puede usar

La reconversión a frecuancias de muestreo inferiores, del audio multi-canal a estereo está facilitada por la inclusión de coeficientes de reconversión para obtener mejoers resultados. Esta técnica se llama Contenido *Smart* (Técnica de Recurso de Audio de Sistema Dirigido). 16 tablas de coeficientes pueden ser re-definidas para cada Álbum y la apropiada tabla de coeficientes puede ser seleccionada desde esas 16 para cada pista. Todos los reproductores deben implementar mezcla-desdendente

2.4.2.2.2 Meridian Lossless Packing (MLP)

Introducción

Meridian Lossless Packing (MLP) es un sistema de codificación sin pérdidas para el uso sobre datos de audio digital de alta calidad originalmente representados como PCM lineal. El audio de alta calidad actual implica tasas de muestreo elevadas, grandes tamaños de palabra y sonido multicanal.
Este apartado describe el sistema MLP

visión general

MLP lleva a cabo la compresión sin pérdidas de hasta 63 canales de sonido incluyendo el material de 24 bits muestreado en tasas tan altas como los 192kHz.

La compresión sin pérdidas tiene muchas aplicaciones en la grabación y distribución del audio. En el diseño del MLP se ha prestado mucha atención a la aplicación de la compresión sin pérdidas para transmisión datos limitados por la tasa de transferencia (por ejemplo el almacenamiento sobre DVD), a la opción de tasa binaria de datos constante en el dominio comprimido y a los aspectos que tienen un impacto sobre la creación y masterización. MLP se centra en proporcionar las siguientes características:

Una buena compresión tanto del promedio de la tasa de datos como de los máximos de la señal.
Uso tanto de tramas de datos con tasa variable como fija.
Ahorros automáticos sobre canales de efectos de graves.
Ahorros automáticos sobre señales que no usan todo el ancho de banda disponible (por ejemplo muestreadas a 96kHz).
Ahorros automáticos cuando los canales estan correlacionados.
Metadata comprensiva.
Acceso jerárquico a la información multicanal.
Requisitos de descodificación moderados.

MLP proporciona hasta 63 canales, pero las aplicaciones pueden ser limitado por la tasa de datos disponible. Para ayudar a la compatibilidad, el MLP usa una estructura de trama jerárquica que contiene múltiples subtramas y datos adicionales jerárquicos. Con esta estructura de trama los descifradores solamente necesitan acceder a parte del flujo para reproducir subconjuntos del audio. El uso apropriado de las subtramas también admite la compatibilidad de 2 canales; un decodificador de baja-complejidad puede recuperar una mezcla estereo psrtiendo de una trama multicanal.

La Figura 1 da una visión general del proceso sin pérdidas que comprime un flujo que contiene canales de sonido múltiples y datos auxiliares, en un disco.

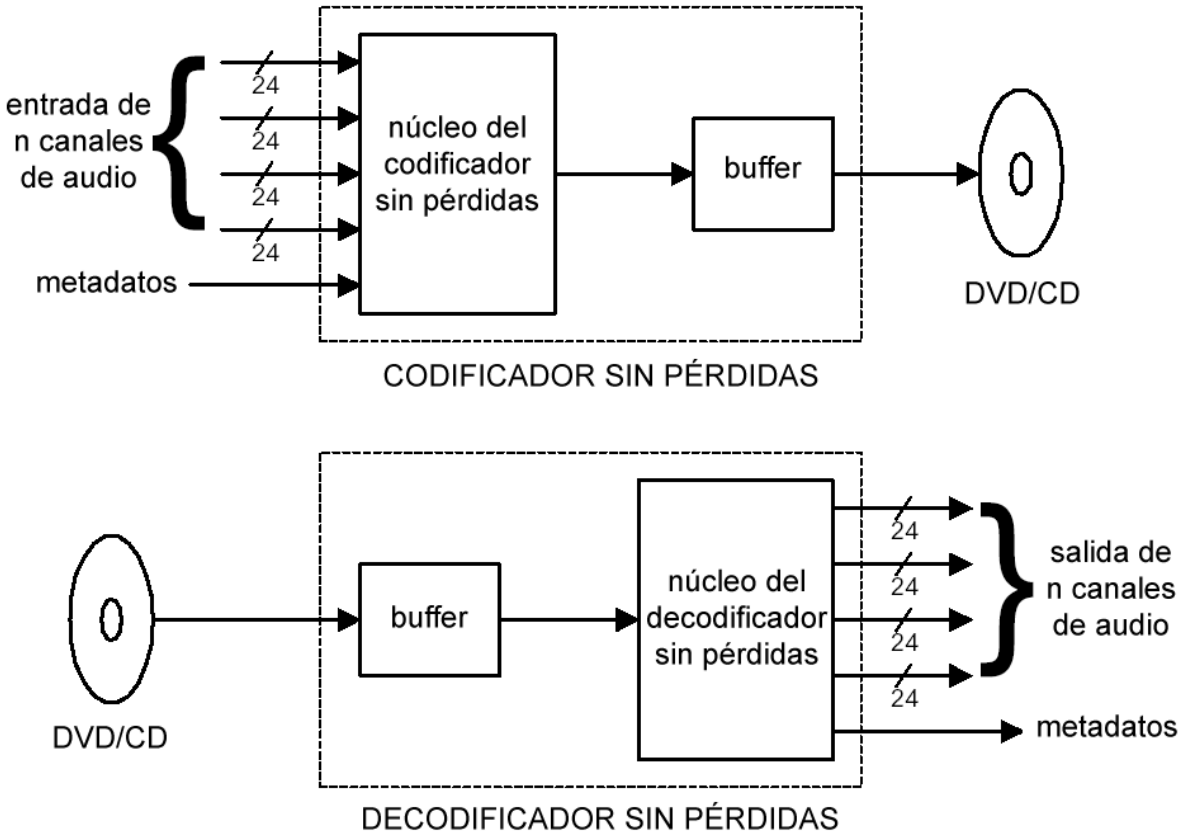


Figura 1: Visión general del MLP usado en el disco

compresión sin pérdidas

A diferencia de la perceptual o la reducción de datos con pédidas, la codificación sin pérdidas no modifica de alguna manera la señal final transmitida y descifrada, pero simplemente "empaqueta" los datos de audio de la forma más eficientemente en una tasa de datos más pequeña.

La información de audio que interesa al oyente contiene un poco de redundancia. Sobre señales de música, el contenido de la información varía con el tiempo y la capacidad de información del canal de entrada es rara vez completamente aprovechada.
El objetivo de la compresión sin pérdidas es reducir el audio entrante a una tasa de datos que refleja el contenido dela información inherente más una sobrecarga mínima.
Un importante resultado es que el producto codificado de un compresor sin pérdidas tendrá una tasa de datos variable sobre el contenido de sonido. La Figure 2 ilustra tal diferencia a través de 30 segundos de una grabación de 6 canales de la música de cámara barroca a 96kHz y precisión de 24 bit (tasa binaria original = 13.824Mbps).
Mientras un ejemplo de música pueda mostrarnos esta clase de compresión, razonablemente esperamos ver las diferencias más amplias en tasas comprimidas. También hay señales patológicas: por ejemplo, silencio o casi-silencio se comprimen enormemente y señales que son casi aleatorias no. Efectivamente, si una sección de los datos de canal parezca ser realmente aleatorio, entonces ninguna compresión es posible. Afortunadamente, esto cambia con las señales acústicas reales, ya que estas no se preocupan en suministrar ruido blanco total en todos canales en intervalos de tiempo significativos.

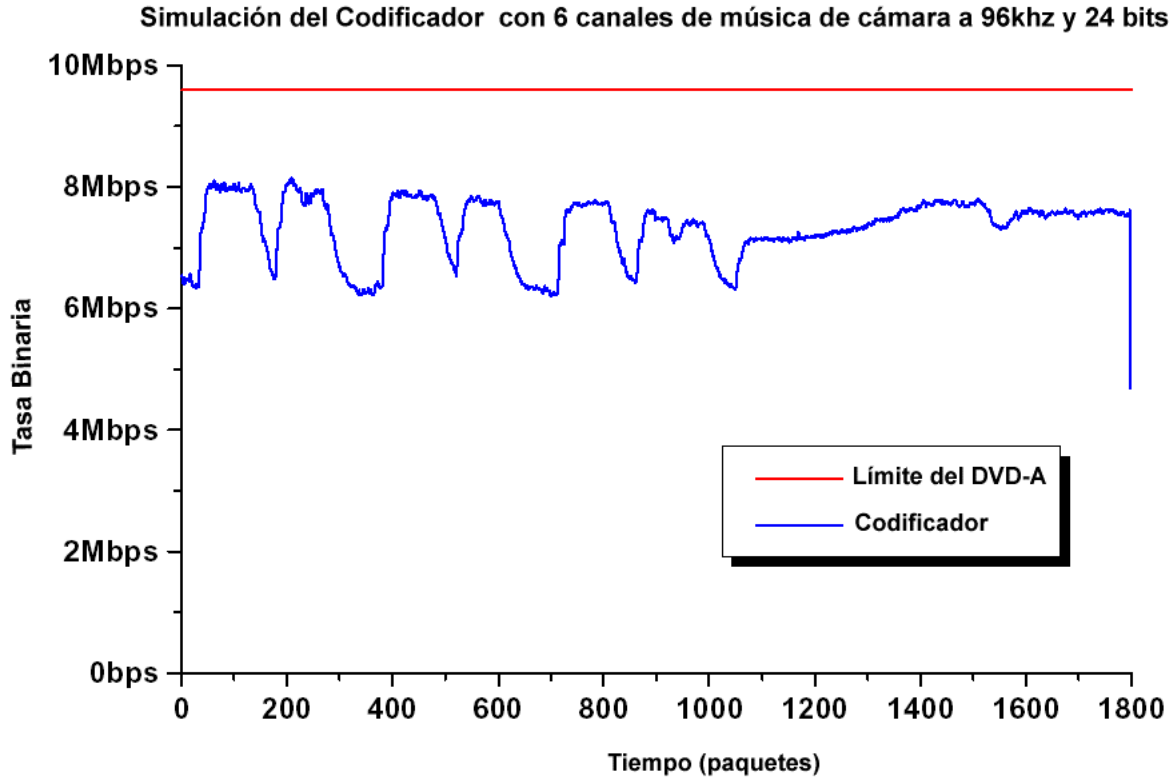


Figura 2: Tasa binaria sobre 30 segundos de un pasaje

Previamente los sistemas de compresión sin pérdidas han sido optimizados para reducir la tasa binaria media (es decir, minimizar el tamaño del archivo comprimido).

La propuesta del ARA (Audio Recording Association)[1] describió el importante requisito de reducir la tasa binaria máxima instantánea para unos resultados óptimos en tasas de muestreo elevadas como 96kHz o 192kHz y para aplicaciones de disco basadas en datos limitados como es el DVD-audio.
MLP se se enfrento a ello intentando maximizar la compresión de todos los instantes de tiempo usando este conjunto de técnicas:

- Buscando "Aire muerto" - canales que no aprovechan todo el tamaño de palabra disponible.
- Canales que no utilizan el ancho de banda disponible.
- Quitando las correlaciones entre canales.
- Codificando eficientemente la información residual.
- Suavizando la información codificada mediante el uso del buffer.

Codificación/Decodificación.

El uso de audio 6-canales 96/24 con codificación PCM puede implementar una tasa da datos por encima de los 13Mb/s, la cual es superior a el máximo de 9.6kHz admisible. Además, el tiempo de reproducción podría ser sólo de alrededor de 40 minutos para un disco DVD-5. Por lo tanto se necesita alguna forma de compresión para acommodar la altísima calidad en sonido envolvente.

Por estas razones, el DVD Forum ha elegido MPL, desarrollado por Meridian Audio, una compañía británica comprometida con el audio digital de alta calidad. MLP es sencillo de implementar y no alterará la señal decodificadora de ningún modo.

La decodificación MLP, requiere un poder de computación relativamente pequeño para seis canales de audio 24-bits/96kHz. MLP también provee flexibilidad adicional que permite, por ejemplo, cuantizaciones en pasos de un bit, ejemplo: 22 bits pueden ser escogidos donde sea apropiado en lugar de 20 o 14, para una calidad y tiempo de reproducción óptimos.

Las tasas de muestreo posibles, cuantización y números de canales para el audio PCM y MLP se muestran a continuación.

Frecuencia de Muestreo (kHz)	Cuantización	2 ch	4 ch	6 ch
44.1/48	De 16 a 24	LPCM/MLP		
96/88.2	16	LPCM/MLP		

96/88.2	20 o 24	LPCM/MLP	MLP
192/176.4	De 16 a 24	MLP	No disponible

Ejemplos de reproducción típica con MLP se muestra debajo, para audio estereo de alta calidad, audio multicanal de alta calidad, y adusio estereo con calidad CD.

Canales de Audio	Configuración	Tiempo de Reproducción	
		Simple capa	Doble capa
2 ch	192kHz, 24bits	120 min	215 min
6 ch	96kHz, 24bits	86 min	156 min
2	44.1kHz, 16 bits	13 horas	23.6 horas

2.4.2.3 Contenidos Adicionales

Video, Imágenes y contenidos interactivos

Los contenidos adicionales de un DVD-Audio pueden incluir imágenes fijas, textos, menus y contenido de navegación y (opcionalmente) secuencias de video.

2.4.2.3.1 Imágenes

Las Imágenes fijas, se describen como Audio Still Video (ASV), son grabadas en el disco en un fichero diferente, no entrelazado con el audio. Cada imagen se tarta como un fotograma MPEG-2, opcionalmente, puede estar acompañado de una subimagen para un menu.

Se pueden pre-cargar en la memorio del reproductor hasta 20 imágenes, antes de que el audio se reproduzca o entre pistas de audio donde un silencio es aceptable. Esto permite que las imágenes sean presentadas por el usuario

como una secuencia de diapositivas o navegación. Las transiciones para imágenes fijas incluyen, cortar, fundir, disolver, retirar (cut, fade, dissolve y wipe)

Las subimágenes permiten imágenes fijas para usarse como menus o para el visualizador de las letras de las canciones. Cargar y reproducir ASVs se muestra en el siguiente diagrama.

Las Imágenes son compatibles tanto con NTSC como con PAL. Los reproductores americanos no suelen mostrar las imágenes PAL, pero la mayoría de reproductores europeos probablemente seran capaces de reproducir taanto imágenes PAL como NTSC. Además, para la compatibilidad con los 2 modos de visualización, estandar 4:3, o panorámico 16:9, se necesitan 2 versiones de cada imagen.

2.4.2.3.2 Secuencias de Video

Los clips de Video se ajustan a las especificaciones DVD-Video, pero ciertas funciones no son soportadas. Incluyendo, funcion multi-ángulo, control parental, control de region, control de operaciones del usuario.

La parte de Audio que contiene el Video se puede mostrar sin el coontenido de Video.

2.4.2.3.3 Texto

El apartadode textos se usa para contenidos como, nombres de artistas, letras de canciones, direcciones de internet, etc. Información con texto estático como un contenido general mientras que el texto dinámico es conveniente para letras que cambian durante la presentación del audio.

2.4.2.3.2 Navegación

Menus y contenidos de navegación se pueden incluir en los discos DVD, pero con ciertas restricciones. Estos menus utilizan imágenes fijas, subimágenes, datos funcionales, y datos de navegación. Protección de Copia del DVD-Audio

2.4.2.4 Protección de copia digital

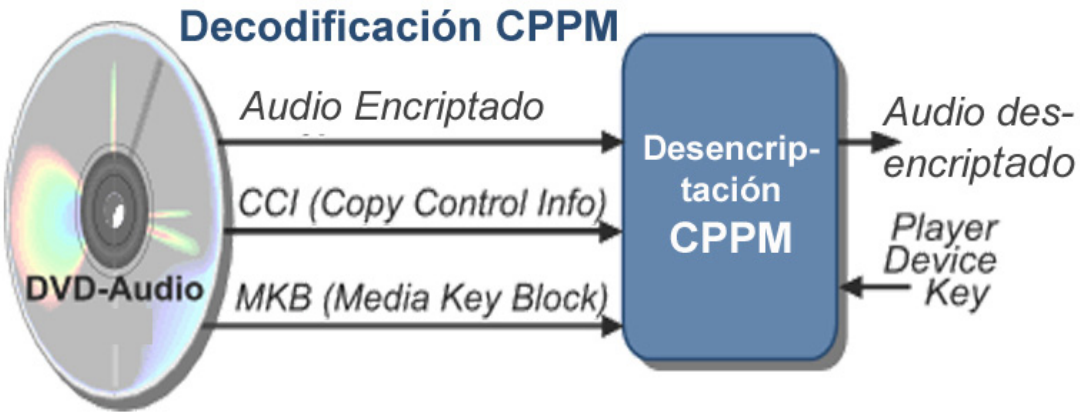
Hasta Diciembre de 1999, la protección de copia digital del DVD-Audio estaba provista por CSS II, el sucesor del CSS, el cual se usa en muchos discos DVD-Video. De esa forma, la existencia del pirateo del software DeCSS ha dado lugar a la necesidad de una mejor protección anti copia para el DVD-Audio para prevenir situaciones similares.

La protección del Contenido para Medios Pre-grabados (Content Protection for Pre-recorded Media o CPPM) ha sido desarrollada por 4C (incluyendo IBM, Intel, MEI and Toshiba) y usa códigos de 56-bits, en lugar de las claves de 40 bits usadas por CSS, y Cryptomeria Cipher (C2) para el contenido encriptado.

Esto permite revocar un dispositivo de reproducción pirateado usando MKB (Media Key Block). El MKB contiene un número de claves muy largo. Cada modelo decodifiacdor con licencia tiene asignado a él un conjunto de claves únicas que le permite obtener la Llave del Medio o Media Key (usada para encriptar le contenido de Audio) desde el MKB y desencriptar el contenido de Audio.

Culaquier dispositivo de reproducción puede ser revocado en discos futuros via MKB. Los MKBs son únicos para cada título DVD-Audio, y nuevos MKBs deben ser usados cada 3 meses para permitir a los dispoditivos ser revocados.

El CPPM fue aprobado a mediados del 2000 y ahora está disponible para su uso bajo licencia. El proceso de codificación para los datos de Audio protegidos por el CPPM se ilustra en el siguiente diagrama.



2.4.2.4.2 Watermarking o Marca de Agua.

El esquema de protección de copia para el DVD-Audio tambien incluye Watermarking, necesitado para identificar las pistas de música, y disparar los sistemas de protección de copia cuando se graba el contenido mediante una entrada analógica. La marca de agua debe permanecer intacta cuando el contenido se convierte a analógico pero no debe de ser perceptible en los tests de audición.

Las marcas de agua deben proveer:

Transparencia (sin efectos sobre la calidad del audio)
Robustez (ser detectable despues del procesado del contenido)
Seguridad (contra falsificaciones)

Verance ha creado una marca de agua para encontrar las especificaciones desde la industria de grabación y es repetado como el “claro ganador de multiples evaluaciones industriales competitivas”. Es un componente de la arquitectura de seguriadad del DVD-Audio y adoptado por la especificación SDMI de dispositivo portatil. Ha sido usado en productos grabados y de consumo desde 1999.

La Marca de agua contiene 72 bits de datos comprendiendo 4 CCI (copy control information o información de control de copia) bits y 8 bits de identificadores de uso cada 15 segundos, mas 60 bits de identificadores de contenido cada 30 segundos.

Verance proclama que su tecnología ha sido demostrada para satisfacer todos los requerimientos de la industria y está disponible para el uso en el DVD-Audio. Es renovable para el futuro y las tecnologías de Audio-Watermarking puede esperarse que aparezcan en aplicaciones adicionales.

2.5 SACD contra DVD Audio

2.5.1 Reproductores

La mayoría de discos DVD-Audio se reproducirán en reproductores DVD existentes, pero se necesita nuevo Hardware para unos mejores resultados. La capa CD de los SACD en todos los reproductores CD. Los tipos de reproductores incluyen los siguientes

- **DVD-Audio, solo reproducen Audio**, como los reproductores de automovil sin pantalla de visualización, y solo pueden reproducir el Audio, pista por pista, como un reproductor de CDs.
- **DVD-Audio,** los cuales están diseñados para reproducir Audio solo con los visulaizadores de texto simple y , opcionalmente, una salida de video para secuencias de diapositivas y menus.
- **Reproductores Universales**, que reproducirán ambos, DVD-Audio (incluyendo cualquier Video) y discos DVD-Video. Probablemente, muchos futuros reproductores DVD-Video, serán reproductores Universales. Esto es porque al añadir la capacidad de reproducir DVD-Audio no conllevará un aumento de la complejidad y coste del hardware.
- **Reproductores Multiformato (Combo)** que reproducirán discos, DVD-Audio, DVD-Video, y SACD.
- **PCs** y **Macs** con lectores DVD-ROM que pueden ser actualizados.

Todos los reproductores DVD-Audio disponibles, tambien reproducen discos DVD-Video. En los reproductores para automóvil esta empezando a ser dispo-

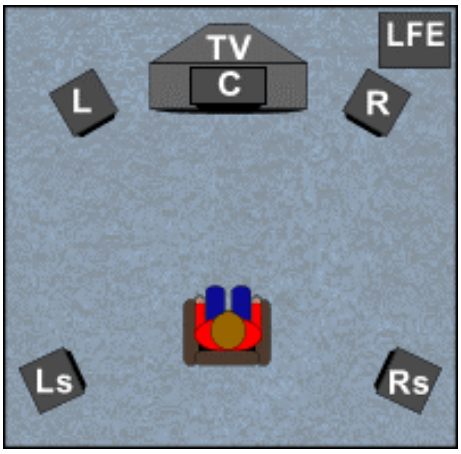
nible ya que puede representar u importante sector del mercado. Todos los reproductores tambien reproduciran discos DVD-Audio. Algunos reproductores (por ejemplo, Pioneer, Denon, Marantz) están diseñados para reproducir discos SACD y DVD-Audio.

2.5.2 Sistemas de Sonido Envolvente.

Cualquiera que sea la solución de hardware utilizada, el DVD-Audio requiere un sistema de sonido envolventeusando amplificadores y altavoves de alta calidad para sacarle partido a la alta caliudad de las grabaciones DVD-Audio.

El crecimiento en el Video-DVD ha resultado una penetración significativa de los sistemas de sonido envolvente que tambien se pueden utilizar para DVD-Audio. Una Televisión, monitor, o Proyector, tambien se requiere para mostrar secuencias de imágenes y video opcional de un disco DVD-Audio.

El diagrama inferior muestra una posible situación de los altavoces para configurar un sistema de sonido envolvente.



TV TV o Monitor

L Altavoz Frontal Izquierdo

C Altavoz Central

R Altavoz Frontal Derecho

Ls Altavoz Envolvente Izquierdo

Rs Altavoz Envolvente Derecho

LFE Altavoz de Efectos de Baja Frecuencia (subgrave)

Los reproductores DVD-Audio deben conectarse a los amplificadores de sonido envolvente mediante las salidas analógicas, y en alguno scasos, salidas digitales específicamente diseñadas para proporcionar plena calidad en sistemas de audio 5.1, pero también proveen protección anticopia. L salida digital estandar llevará audio LPCM en 5.1 canales, o estereo a 48kHz y 20 bits, pero no la resolución total disponible en los discos DVD-Audio.

2.5.3.1Títulos DVD-Audio

Algunas de las compañías de música mas importantes y algunas independientes empezaron a lanzar al mercado software DVD-Audio el pasado año 2000. Warner Music y 5.1 Entertainment han sacado al mercado la mayoría de títulos, aunque otros sellos como DTS, Telarc, Hodie, Naxos, AIX y otros, tambien han lanzado muchos títulos.

Al final del 2007, alrededor de 800 títulos estarán disponibles a nivel mundial, con mas previstos. La mayoría incluyen una zona DVD-Video permitiendo al Audio, en menor calidad, ser reproducido en reproductores DVD-Video. Muchos títulos incluyen extras añadidos para hacerlos mas apetecibles para el consumidor. Un título típico incluye de 70 a 80 minutos de música de alta calidad en 5.1 canales, el mismo audio en dolby digital o en DTS, posiblemente algun video musical y contenido DVD-ROM permitiendo el acceso a internet.

Las siguientes compañías musicales han sacado títulos DVD-Audio: AIX Records, American Gramaphone, Audionet, Bad Dog Records, Bison Head Records, Chesky, Denon, Divox, DTS Entertainment, EMI, Ewe, Exton, 5.1 Entertainment Group (Silverline, Immergent, Electromatrix), Hi-Res Music, Hodie, MDG, Mode Records, Naxos, Nishimura, Peregrina Records, Pioneer Studios, Rhona Classics, Rykodisc, Starkland, Surroundedby, Tacet, Telarc, Victor Entertainment, Warner y Teldec.

2.5.7.2 Reproductor SACD y Títulos.

Los reproductores de SACD están disponibles de marcas como Philips, Sony, Marantz, Sharp, y otros. Muchos de los reproductores SACD reproducen DVD, pero todos reproducen CDs.

Pioneer, Denon, Marantz, Yamaha, Onkyo y otras pocas empresas, han lanzado al mercado reproductores que reproducirán discos CD, DVD-Video, DVd-Audio, y SACD.

Se han publicado mas de 2000 títulos SACD, pero no todos incluyen sonido envolvente.

Los títulos Sony Music son mayoritariamente stereo, asi mismo la proiducción de sony actual es de discos híbridos. Probablemente, casi la mitad de los títulos SACD disponibles los esita Sony Music.

Universal Music se ha comprometido a producir mas de 200 títulos para el próximo año, todos los cuales serán discos híbridos.

EMI/Virgin tambien ha sacad varios títulos SACD.

Alrededor de 30 compañías musicales independientes han lanzado al mercado títulos SACD, en particular Abkco lanzó 22 títulos de los Rolling Stones en

Augosto del 2002. Otras compañías independientes que han lanzado SACD son: Academy of Sound & Vision, Albany Records UK, Analogue Productions, Audio Quest, BIS, CCn'C, Challenge, Channel Classics, Chesky, Delos, Digital Music Products, First Impression Music, Fone, Heads Up, Hyperion, Linn Records, Lyrinx, Mobile Fidelity Sound Lab, Octavia, Omega, Opus 3, Pentatone Classics, Red Rose SACD Club, Telarc, Venus Records, Waterlily Acoustics and Zomba (ahora parte de BMG).

2.5 DVD contra SACD

Ambos, DVD-Audio y SACD, ofrecen una calidad muy alta, el sonido envolvente, pero, difiere en muchos aspectos.

Hay un número de diferencias entre DVD-Audio y SACD.

El **DVD-Audio** es un miembro de la familia DVD, y está íntimamente asociado con el DVD-Video, el DVD-Audio ofrece una Alta Resolución, audio multicanal, contenido adicional extra como video e imágenes. Estos discos pueden también incluir contenido DVD-ROM. El DVD-Audio es un formato multimedia, Reproducible en todos los reproductores DVD, discos futuros pueden contener una capa/cara del CD.

El **SACD** fue diseñado como un formato de solo Audio de alta Resolución, aunque puede incluir extras de Video e Imágenes, y no se reproducirá en Reproductores DVD-Video y DVD-Audio. El SACD ofrece compatibilidad hacia atrás con reproductores cd pero los discos no son reproducibles en reproductores DVD (excepto la capa CD), aunque si se reproducirán en Reproductores Multiformato.

Cada formato está disponible en 3 versiones: Simple Capa, Capa Dual, e Híbrido.

Capas	Simple Layer	Doble Capa	Híbrido
CD audio	No	No	Sí
DVD-A/V	4.7 GB A/V	8.5 GB A/V	4.7 GB A/V
SACD	4.7 GB Audio	8.5 GB Audio	4.7 GB Audio

Nótese que la capa de CD-Audio está presente únicamente en las versiones híbridas, las versiones de DVD-Audio híbrido serán probablemente de doble cara, con la capa CD adherida al sustrato DVD una contra la otra.

Estos discos aun no están en uso, excepto en pequeñas cantidades.

La siguiente tabla compara los 3 formatos: DVD-Video, DVD-Audio, SACD.

	DVD-Video	DVD-Audio	SACD
Alta Resolución	No	Sí	Sí
Multicanal	Sí	Sí	Sí
Codificación del Audio	DD/DTS/PCM	PCM/MLP	DSD & DST
Tasa Binaria Máxima	6.144 Mb/s	9.6 Mb/s	-
Video e Imágenes	Sí	Sí	Sí
Menús	Sí	Sí	No
Protección de copia	Débil	Fuerte	La mas Fuerte
Se Reproduce en Reproductor DVD-V Reproductor DVD-A Reproductor CD	 Sí Sí Sí** No	 DVD-Video* Sí ? Sí (híbrido)	 No No Sí Sí (híbrido)

? Podrá Reproducir DVD-A si es un lector multiformato

*La mayoría de discos DVD-Audio incluyen contenidos DVD-Video que se reproducen en todos los reproductores DVD.

**Muchos Reproductores SACD también reproducen discos DVD-Video.

2.5.5 DSD contra PCM

Una de las principales diferencias entre DVD-Audio y SACD es que mientras el primero utiliza PCM (Pulse Code Modulation o Modulación por Codificación de Pulsos) para codificar el Audio, el SACD utiliza DSD (Direct Stream Digital o Flujo digital directo)

La grabación PCM se ha usado para el compact disc durante los últimos 22 años y codifica el audio con muestras. Sin embargo, se ha reconocido al pasar el tiempo que el CD no ofrecía suficiente calidad para los satisfacer a los audiófilos.

- El DVD-Audio usa PCM con tasa de muestreo de hasta 96 kHz en multicanal y 192 kHz en estereo, y hasta 24 bits de cuantificación por muestra.
- El SACD utiliza DSDde cuantificación monobit y tasa de muestreo de 2.8224 Mb/s, que es 64 veces la frecuencia de muestreo del CD (44.1 kHz)

El DSD es mas sencillo e incorpora menos etapas que el PCM, puede prescindir de los pasos de filtrado referentes al diezmado y la interpolación. Pero estudios independientes concluyen que el DSD (también llamado 1bit Sigma-Delta) sufre innumerables problemas que lo hacen inconveniente para edición, archivo, distribución, etc.

El DSD no es fácil de editar si no se convierte a PCM, perdiendo cualquier ventaja de la tecnología DSD, además todas las tarjetas de sonido trabajan con archivos PCM.

Una conclusión es que el DSD hace mas sencilla, limpia y barata la conversión Analógico/Digital/Analógico conservando mas fielmente la señal original, pero el PCM proporciona una mayor seguridad y precisión para el trabajo y representación de la música.

En la práctica, ambos proporcionan un nivel de calidad elevado para satisfacer el mercado audiófilo.

2.5.6 Batalla de formatos

En principio, el sistema DSD del SACD ofrece un sonido más natural y menos artificial al huir de los "dientes de sierra" del formato PCM y la necesidad de interpolarlos. Sin embargo, parece que con frecuencias altas el SACD no produce tan buenos resultados como el DVD Audio, que en teoría es 250 veces mejor que un CD a cualquier frecuencia. Por otra parte, el hecho de cuantificar sólo con un bit tiene el inconveniente de generar bastante ruido digital, que luego un filtro se encargará de disminuir; esto significa que, en la práctica, la digitalización PCM a 192 KHz puede producir una onda más fiel al original. De hecho, llama la atención que los propios estudios de Sony sigan utilizando sistemas basados en PCM para procesar y remasterizar el sonido.

En cuestión de prestaciones las cosas están casi a la par. Ambos formatos permiten audio multicanal y poseen gran capacidad de almacenamiento. El DVD Audio ofrece además imágenes, vídeos y textos, pero ya se ha anunciado que el SACD incluirá esta posibilidad en un futuro cercano. En cuanto a compatibilidad, de momento los discos híbridos SACD son los más portables al poderse escuchar en cualquiera de los 600 millones de reproductores de CD que se calcula existen actualmente. Sin embargo, los DVD Audio pronto dejarán de verse limitados a un lector DVD pues ya se ha presentado el primer prototipo híbrido con una capa compatible CD. Y tanto el SACD como el DVD Audio permiten incorporar sofisticados sistemas antipiratería basados en encriptación de datos y marcas de agua inaudibles.

En cualquier caso, el mercado es el que manda y ya nos ha demostrado en más de una ocasión que la solución que más calidad ofrece no tiene por qué ser siempre la escogida por el gran público. En el caso que nos ocupa, el formato DVD Audio cuenta con la ventaja de haber aparecido antes, pero el ritmo de lanzamientos no es todo lo constante que debería y su promoción sigue siendo más bien escasa. Todo lo contrario que el SACD, cuyas intenciones son convertirse en el sucesor directo del CD cueste lo que cueste. Cada semana se presenta un buen número de novedades en SACD de forma que ya hay disponibles unos 650 discos en contraposición a los aproximadamente 500 discos DVD Audio comercializados. Para poner remedio a esto, se creó recientemente el DVD Audio Marketing Council en el que compañías como Warner, EMI o Panasonic ofrecerán todo su apoyo para impulsar el crecimiento del formato.

El apoyo de las grandes discográficas también será crucial para que se imponga uno sobre otro. En principio, el DVD Audio cuenta en exclusiva con los artistas de Warner, Elektra, Pioneer, Rhino y Telarc mientras que la gran baza del SACD es el extensísimo catálogo de Sony, al que hay que sumar los de Virgin, Epic, Geffen, Jive, MCA o Blue Note.

En cuestión de precios, afortunadamente estas tecnologías comienzan a estar accesibles en equipos de gama media; de hecho ya es posible encontrar aparatos que reproduzcan DVD Audio (como el Toshiba SD-520) o SACD (como el Sony DVP-NS705VS) por unos 300 euros. La opción menos arriesgada es decantarse por un reproductor mixto que decodifique ambos formatos, como los modelos que proponen Onkyo (DV-SP800), Denon (DVD-2900) o Pioneer (DV-757Ai). Sin embargo, los precios de estos equipos, todos de gama alta, oscilan entre los 1.000 y los 1.800 euros, lo que les hace inaccesibles al consumidor medio.

Anexo1. El ISRC

Código Standard Internacional de Grabaciones

ANTECEDENTES

El Código Standard Internacional de Grabaciones (ISRC) ha sido desarrollado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) como medio para la identificación de grabaciones (sonoras y audiovisuales), y es conocido como la Norma Internacional ISO 3901.

Debido al éxito obtenido con la introducción del ISRC en videos musicales, la IFPI comenzó a considerar seriamente recomendar a sus miembros la incorporación del ISRC en los sub-códigos de todas las grabaciones digitales.

ALCANCE Y OBJETIVOS

El Código Standard de Grabaciones (ISRC) proporciona un medio internacional de identificación de grabaciones sonoras y videos musicales. Es importante destacar que el ISRC identifica grabaciones en fonogramas y videogramas y no en productos físicos (soportes), y que no hay conflicto con el actual sistema de numeración de catálogo de productos con el que puede coexistir.

Un ISRC es asignado por el primer titular de los derechos de grabación. Este identifica a la grabación a lo largo de toda su vida y tiene como propósito ser utilizado por los productores de fonogramas y videos musicales, al igual que por las organizaciones de derechos de propiedad intelectual, bibliotecas, etc.

Cada grabación tendrá un único y propio ISRC. Toda grabación nueva o una modificación de la misma debe contar con un nuevo ISRC. No está permitido volver a utilizar un código ISRC que fuera otorgado a una grabación, el objetivo de este principio es garantizar que el ISRC provee una identificación única y sin ambigüedades. Si el primer titular vende la grabación sin cambiar el formato, el ISRC sigue siendo el mismo.

DESCRIPCION DEL ISRC

El ISRC consiste en doce caracteres que indican: país (2 caracteres), primer propietario (3 caracteres), año de la grabación (2 caracteres) y designación (5 caracteres). El ISRC es alfanumérico, utiliza dígitos (números arábigos 0-9) y letras del alfabeto romano. Está dividido en cuatro elementos separados por guiones (-) los cuales aparecen en el siguiente orden:

Código del País

Código del Primer Propietario

Años de la Grabación

Código de Designación

Para su mejor presentación visual, el código ISRC deberá ir siempre precedido por las letras ISRC. La estructura del ISRC se ejemplifica de la siguiente manera:

ISRC FR Z03 – 98 - 00212				
ISRC	FR-	Z03	98	00212
Código de Identificación	Código de País	Código Primer Propietario	Año de la Grabación	Código de Designación
	(2 caracteres)	(3 caracteres)	(2 caracteres)	(5 caracteres)
ISRC	FR= FRANCIA	Z02= Mercury Francia	98= 1998	

FUNCIONES Y CONTENIDOS DEL CÓDIGO

Código del País El Código del País identifica al país de residencia del primer titular de la grabación.Ejemplo: AR = Argentina

Código del Primer Propietario (Código de Compañía) El Código de Primer Propietario identifica al primer productor de la grabación al momento en que el código ISRC es asignado. La letra (P) en una grabación será utilizada como guía para la correcta asignación y uso de los códigos de las empresas.
Debido a que el ISRC es colocado en el momento en que el proceso de masterizado finaliza, el Código del Primer Propietario reflejará usualmente al productor original de la grabación. No obstante, si el productor de una grabación la vendiera con todos los derechos antes que el ISRC fuere asignado, el adquiriente deberá ser considerado como el primer propietario a los efectos del ISRC.

Año de la Grabación El Código del Año de Grabación identifica el año en el cual el ISRC ha sido asignado a la grabación, el cual usualmente es el mismo en el cual es finalizado el proceso de masterizado. Ejemplo: 92 para 1992 00 para 2000

Código de Designación Los números para el Código de Designación serán designados secuencialmente y no pueden ser reasignados dentro del mismo año calendario mostrado en el Código de Año de la Grabación. El Código de Designación siempre debe constar de cinco dígitos de extensión. El faltante de dígitos será suplido por ceros al comienzo de la secuencia numérica.

IMPLEMENTACION DEL ISRC

Experiencias del uso cotidiano A continuación comentaremos algunos de los problemas que se presentan en el uso cotidiano del ISRC.

Re-mixes / Ediciones / Nuevas versiones Si varios sonidos grabados son producidos en una misma sesión de grabación sin cambios en la orquestación, los arreglos o los artistas, y si se reservan o son convertidos en productos comerciales, cada grabación deberá ser codificada con un nuevo ISRC.
Un nuevo ISRC será aplicado a cada re-mix, edición o nueva versión de grabación.

Cambios en el tiempo de duración Si el tiempo de duración se modifica deberá aplicarse un nuevo ISRC. Las reglas básicas para establecer el tiempo de duración con el ISRC son:

Una grabación comienza con la primera modulación grabada y finaliza con la última modulación que se grabe.

Las desviaciones en el tiempo de duración que no influyan en la existencia legal de los derechos no deberían tenerse en cuenta para la aplicación del ISRC.

Cuando un cambio en el tiempo de duración sea propuesto, ya sea musical o artísticamente, deberá aplicarse un nuevo ISRC.

El límite de tolerancia recomendado es 10 segundos.

Compilaciones (pot-pourris) Cuando grabaciones previamente realizadas son compiladas, el ISRC deberá ser utilizado de la siguiente manera:

Cuando grabaciones previamente realizadas son utilizadas en su totalidad, será utilizado el ISRC original.

Cuando grabaciones previamente realizadas son utilizadas parcialmente, por ejemplo: superposiciones o disminuciones de sonidos, un nuevo ISRC será asignado, cuando la duración del efecto exceda la recomendación del límite de 10 segundos.

Código de grabaciones existentes Es recomendable que a las grabaciones que no aún no hayan sido aún codificadas, les sea asignado el ISRC del actual propietario de los derechos.

Restauración de códigos históricos Cuando se lleva a cabo una completa restauración de sonido, estos procesos de grabaciones deben ser considerados como grabaciones separadas por lo que debe aplicarse un nuevo ISRC.

Catálogo anterior Un productor puede asignar un ISRC al primer re-lanzamiento disponible de un ítem de su catálogo anterior.

Grabaciones vendidas, licenciadas o distribuidas por agentes El ISRC debe ser mantenido independientemente de cuándo o por quién se fabrique, venda o distribuya una grabación.

El ISRC no debe ser reutilizado bajo ninguna circunstancia Una vez que se ha asignado un ISRC no puede ser reutilizado bajo ninguna circunstancia.

Repertorio licenciado El número ISRC debe ser originado por el licenciatario y deben tener el código de éste como Propietario.
Es deber del licenciante informar al licenciatario cómo obtener el Código de Propietario

Convenios múltiples Las compañías que tienen convenios múltiples deben acordar cuál será responsable del ISRC. Debe asegurarse una única numeración en todo el mundo para la grabación.
Los usuarios y las sociedades de recaudación (cuando fuere aplicable) deben ser notificados de la propiedad en su territorio.

Re-masterizado Cuando una banda es re-masterizada con el propósito de ser reproducida en un nuevo soporte, sin restauración de calidad de sonido (ver sección V.3.5), no será requerida la asignación de un nuevo ISRC.

CODIFICACION DEL ISRC

La codificación del ISRC en soportes de sonido digital tiene lugar al finalizar el proceso de masterizado, de acuerdo don las especificaciones de cada sistema. En esta instancia debe ser preparada la obtención de una cinta master para producción masiva y la información correspondiente al ISRC.

VENTAJAS DEL ISRC

La aplicación de un sistema internacional para la identificación de la música tendrá las siguientes ventajas:

Permitirá controlar el uso de obras cuyos derechos de autor estén protegidos,

Facilitará la distribución y el cobro de remuneraciones (ejecución pública, copia privada) según sea necesario,

Ayudará en la lucha antipiratería.

En vista de sus necesidades, la adopción del sistema ISRC por parte de la industria tiene las siguientes ventajas:

El ISRC, en cuanto norma internacionalmente reconocida sobre la identificación de una grabación, puede aceptarse y aplicarse fácilmente en el ámbito internacional.

El sistema de codificación ISRC permite incorporar información sobre el país de origen, así como sobre el productor de cada grabación. Esto proporciona un medio único de identificación de titulares para la correcta administración de sus derechos.

El sistema de codificación ISRC es compatible con las normas desarrolladas en el campo de la electrónica de consumo. Se incorpora en el canal de subcódigo de los medios de grabación digital y puede ser leído por equipos de hardware.

El uso de ISRC puede ser útil en el desarrollo de un sistema de cargos en cuenta.

La aplicación del ISRC es económica, el ISRC puede empezar a operar sin necesidad de invertir en equipos o tecnología especiales. Sólo requiere que las compañías asociadas organicen, en el ámbito de dirección, una estructura capaz de ocuparse de la administración del ISRC dentro de la compañía.

Las ventajas que supone para las emisoras son las siguientes:

Con el código ISRC, las emisoras podrán automatizar la contabilidad de su actuación. La automatización de los informes sobre el uso de grabaciones producirá ahorros administrativos, dado que, actualmente, la tarea de recoger datos resulta dificultosa.

La adopción del ISRC proporcionará a las emisoras un sistema unificado para controlar los productos musicales de sus bibliotecas.

Las emisoras podrán identificar los números de ISRC para identificar sus propios programas de música para el cobro de los derechos de ejecución.

Sid Code

CODIGO DE IDENTIFICACION DE LA FUENTE - CODIGO SID

Un código de cuatro caracteres que aparece en compactos e identifica la planta que masteriza y/o duplica los mismos.

Antecedentes:
En febrero de 1994, IFPI, Philips y la industria de la duplicación desarrollaron un sistema de códigos que sería implementado en las plantas de producción de compactos para identificar los productos masterizados y/o duplicados en su planta. A cada unidad productora de compactos en el mundo que desee implementar el uso del código de identificación de la fuente (Código SID) le será otorgado su propio y único código.

El desarrollo del código SID ha sido cotejado con los antecedentes de la proliferación de la piratería de compactos. Esto último es un problema internacional. Una organización establecida en un país puede hacer pedidos para la fabricación de compactos piratas a un segundo país y distribuirlos en muchos otros. El continuo crecimiento de las plantas productoras de compactos ha resultado tener a nivel mundial una capacidad de duplicación muy superior a la de la demanda legítima.

Debido a su excepcional capacidad de contener información, el formato de compacto es ahora usado en otras industrias como la de publicación de libros, la industria del cine y la industria de software de computación. Todas ellas, al igual que la industria del disco, ahora sufren por los altos niveles de piratería de compactos.

La recomendación:

Se recomienda que todos los establecimientos que masterizan y/o duplican, empleen el código en sus plantas ya que el programa de identificación de código SID intensifica la seguridad de la fabricación de compactos en las etapas tanto de masterización cómo de duplicación.

Como todas las plantas no tienen máquinas de masterización y duplicación, hay dos códigos: un Código Grabador de Rayo Laser (LBR), que identifica la planta que fabricó el master, y un Código de Molde que identifica la planta donde el disco fue duplicado.

Cuando Códigos SID son empleados, cada disco producido en una planta lleva el código distintivo identificador de la planta. Philips Consumer Electronics, como licenciario de tecnología de compactos, es asignada con ambos tipos de Códigos SID y cualquier planta que quiera adoptar el plan de Código SID deberá solicitar a Philips la asignación de códigos.

El Código SID ha alcanzado excepcional reconocimiento a nivel internacional, con la mayoría de las plantas de compactos mundiales que adoptaron el sistema. Mientras que el programa de Código SID es voluntario en la mayor parte del mundo, ahora es obligatorio que todos los compactos duplicados en Bulgaria, China y Hong Kong lleven un Código de Molde. El uso obligatorio de Código(s) SID es probable en muchos otros países que actualmente consideran la incorporación de las regulaciones de la planta de compactos.

Quién debe implementar el programa

-Aquellos responsables de compras
-Aquellos responsables de masterizar y/o fabricar compactos

Como implementar el Programa

En la mayor parte de las jurisdicciones es responsabilidad de cada fabricante de compactos decidir si implementa el uso de Código(s) SID. El tiempo para su introducción y la forma de su incorporación en equipos y herramientas es decidido por cada fabricante, aunque se debería tener en cuanta cierto criterio:
- Locación en el disco
- Resistencia de presión de stamper
- Desgaste por uso
- Visibilidad
- Costo

Se recomienda a los fabricantes de CD contactar a sus proveedores de equipamiento de masterización y herramientas de moldeado acerca de la implementación del código.

ESTANDARS de CODIGO SID

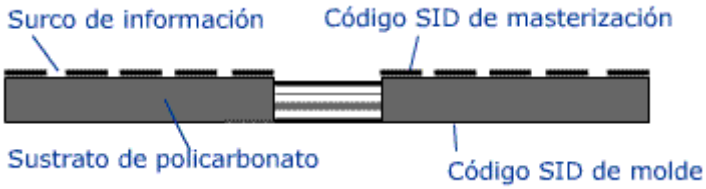
Cualquier compañía que obtiene un Código SID deberá cumplir con los siguientes requisitos:

General

El Código SID (Identificación de fuente) es impreso en el área interna del CD y formatos de Alta Densidad de Discos Opticos. El Código SID consiste en la sigla "IFPI", y cuatro caracteres adicionales que pueden ser alfabéticos o numéricos, identificando el número registrado del Grabador de Rayo Laser que fue utilizado para hacer el master de agua o sello, o el número registrado en el molde usado para imprimir el disco. Hay dos clases de Código SID, El Código Masterizador y el Código Molde.

El Código de Masterización debe ser registrado por el Grabador de Rayo Laser en la superficie del master de agua o sello para que se reproduzca en cada parte fabricadora de metal y cada disco producido desde ese master o sello. El Código SID debe ser instalado de tal forma que no pueda ser alterado o inhabilitado por el usuario del Grabador de Rayo Laser, por ejemplo debe ser ubicado dentro del cable del bios del laser que graba o ensamblado dentro del controlador de sistema.

El Código de Molde puede ser grabado en la superficie del bloque de espejo de cada molde. No es aceptable grabar el molde en cualquier anillo movible. Cuando un substrato es prensado, el Código de Masterización debe ser grabado en el mismo lado del substrato donde se graban los tallados surcos de información y el Código de Molde debe ser grabado en el otro lado del substrato.



DISCOS FORMATO CD

Código SID de Molde

Cada Código SID de Molde que se asigna deberá consistir de la sigla "IFPI **xx", donde "**" representa los dígitos de Código SID asignado por el operador de planta de fabricación o masterización, y "x" representa un dígito alfanumérico que es asignado por la persona a quién el código le ha sido atribuido para darle a cada molde en el sitio, incluyendo los moldes auxiliares, un código único.

El Código de Molde debe:

Ser instalado en el bloque de espejo de cada molde para que el Código de Molde SID es estampado y leído o sobre la superficie ejecutada de cada disco durante el proceso de fabricación. No se acepta que se instale el Código de Molde SID en cualquier anillo fácilmente movible, o aplicarlo en el otro (estampado) lado del disco.

Ser posicionado en el radio de entre 7.5 mm y 17 mm del centro del disco.

Tener una altura de entre 0.5mm y 1.0mm.

Ser instalado a una profundidad de entre 10 a 25 micrones.

Leerse de izquierda a derecha cuando sea visto desde el lado leído o ejecutado del disco.

Los dígitos "IFPI" deben ser caracteres en mayúsculas y deben tener una disposición lineal o radial.

Código de Masterización SID

Cada Código de Masterización SID que es asignado deberá consistir de la sigla "IFPI" seguida por un código de cuatro dígitos comenzando con la letra "L". Se le asignará a un fabricante un batch de códigos secuenciales y debe asignar un código único para cada LBR separado en el sitio.
El Código SID de Masterización debe ser agregado a la banda matriz del master durante su exposición al Grabador de Rayo Laser. Todas las partes de fabricación de metal subsiguientes (incluyendo madres y estampados) y todos los discos fabricados de ese master llevaran el código. El proveedor LBR será capaz de instalarlo informado sobre el específico código asignado a cada LBR.

El Código de Masterización debe:

Ser posicionado entre 18.0 mm desde el centro del disco y el comienzo del "lead-in" (el que está en un radio de 22.9 mm desde el centro).

Tener una altura mínima de 0.5 mm.

Ser legible sin aumento.

Leerse de izquierda a derecha cuando es vista desde el lado leído o ejecutado del disco.

Ser instalado en el firmware del Grabador de Rayo Laser (por ejemplo el software que forma una parte intrínseca de la máquina y no es puede ser accedida por el operador de la planta) o situada en el controlador del sistema (por ejemplo el sistema de procesamiento de señal que controla la operación del LBR) de tal manera que el operador del sistema no pueda alterar el código.

Se recomienda que el espacio exclusivamente designado para el código (determinado por el usuario y el proveedor LBR) consistirá de un arco de 30º para el Código de Masterización SID. Es obligatorio que esté claramente separado de otros rasgos.

DISCOS DE ALTA DENSIDAD

Los Códigos de Molde y Masterización serán usados por ambos el formato CD y los Discos de Alta Densidad como formato DVD. De todas formas, hay algunas variaciones en el estándar para aplicar dichos códigos, como se establece a continuación:

Locación del Código de Molde SID
a) El Código de Molde SID debe estar grabado dentro de la zona que tiene un radio máximo de 22.5 mm.
b) Si se utiliza un Código BCA, entonces la posición del Código de Molde SID deberá ser ajustada para compensar.
c) El Código de Molde SID no debe ser impreso en el área de engrampar.
d) El Código de Molde SID no debe ser puesto en un área que oscurezca el Código de Masterización SID o cualquier otro carácter definido.
e) El Código de Molde SID deberá ser instalado en una porción del molde que no será fácil de remover tal como el bloque de espejo.

Legibilidad del Código de Molde SID
a) Los caracteres formando el Código de Molde SID deben ser como mínimo de 0.5 mm de altura y ser legibles sin aumento.
b) El Código de Molde SID debe ser leído de izquierda a derecha cuando se ve las superficies externas del disco.

Variaciones del Código de Molde SID de acuerdo a los tipos de disco
El Código de Molde SID debe ser impreso en todos los substratos con contenidos de programa válidos o no, incluyendo discos vírgenes. Sobreimprimir el Código de Molde SID con propósitos decorativos es permisible.

Código de Masterización SID

Radio
El Código de Masterización SID debe ser puesto dentro de la zona que tiene como radio máximo 22.5 mm.
Si el Código BCA es usado, la posición del Código de Masterización debe ser ajustada para compensar.
No se especifica radio mínimo pero se le deberá prestar especial atención a los siguientes puntos.

Legibilidad
a) Los caracteres formando el Código de Masterización SID deben tener una altura mínima de 0.5 mm y ser legibles sin aumento.
b) El código de Masterización SID debe ser instalado en una región metalizada del disco.
c) El código de Masterización no debe ser oscurecido por el anillo stack ring.

d) El Código de Masterización SID debe ser leído de izquierda a derecha cuando es visto desde el lado del lector o ejecución del disco.
e) El Código de Masterización debe ser instalado en la firmware del Grabador del Rayo Laser (por ejemplo el software que forma una parte intrínseca de la maquinaria y no es de fácil acceso para el operador de la planta) o incrustado en el controlador del sistema (por ejemplo el sistema de procesamiento de señal que controla la operación del LBR) de tal manera que el operador del sistema no puede alterar el código.

Asignación de Código y de espacio
Cada Código de Masterización SID que es asignado consistirá de la sigla "IFPI" seguida de un código de cuatro dígitos comenzando con la letra "L". Cada Código de Masterización SID que es asignado deberá consistir de los dígitos "IFPI" seguido por un código de cuatro dígitos comenzando con la letra "L". Se le asignará a un fabricante un batch de códigos secuenciales y debe asignar un código único para cada LBR separado en el sitio.
El Código SID de Masterización debe ser agregado a la banda matriz del master durante su exposición al Grabador de Rayo Laser. Todas las partes de fabricación de metal subsiguientes (incluyendo madres y estampados) y todos los discos fabricados de ese master llevaran el código. El proveedor LBR será capaz de instalarlo informado sobre el específico código asignado a cada LBR.
Se recomienda que el espacio exclusivamente designado para el código (determinado por el usuario y el proveedor LBR) consistirá de un arco de 30º para el actual Código de Masterización SID. Es obligatorio que esté claramente separado de otros rasgos.

Variaciones del Disco

Para la capa single, disco de solo lado. Si el lado dummy del disco esta hecho de un programa scrap, deberá llevar el Código SID, aunque no esté metalizado.

Para una capa doble, disco de un solo lado El código de Masterización debe ser grabado para ambas capas 1 y 0. Por lo menos uno de los Códigos de Masterización SID (Para capa 1 o 0) debe estar claramente visible.

Para la capa single, disco de dos lados. Los Códigos de Masterización SID deben ser grabados en ambos lados del disco. Es preferible que los dos Códigos de Masterización SID se vean claramente, pero es aceptable si un código es oscurecido debido a las restricciones del área impresa.

Capítulo 3. Sonido Envolvente

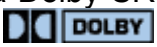
3.1 Del sonido en el cine

En la primera película sonora de la historia, proyectada en 1889, el sonido se encontraba grabado en un disco de vinilo, separado de la cinta de celuloide. Este sistema sólo se desarrolló en pocos cines. Más tarde, en 1904, un empleado de Edison ideó un sistema para que el sonido fuera en la cinta, pero no resultó práctico debido a problemas con la amplificación, problema que acompañó al cine durante muchos años (aunque por aquel entonces ir al cine no era una experiencia totalmente muda).

La primera película comercial con sonido sincronizado (desarrollado por Vitaphone) fue *Don Juan* en 1926, en la que no había diálogos, sino sólo música que estaba grabada en un disco externo al filme. Pero no fue hasta 1927 cuando *The Jazz Singer* pasó a la historia como la primera producción cinematográfica donde se oyó hablar a un actor. Pero este sistema no era satisfactoria ya que surgían problemas cuando saltaba la aguja o se tenían que eliminar algunos fotogramas en mal estado. Así que el sistema se sustituyó por el de la pista en cinta, siendo ausente el disco por separado hasta el actual sistema digital DTS.

3.2 Historia de Dolby

Dolby Laboratories nació en Londres en 1965 con el objetivo de mejorar la calidad de los sistemas de sonido existentes en el momento. Empezando por el Dolby A NR (A-Type Noise Reduction - *Reducción de Ruido del tipo A*) DOLBY SYSTEM se dedicó a reducir el ruido de los cabezales lectores y grabadores de cintas magnéticas en sistemas analógicos profesionales, y más tarde se implantó en los cines. A éste le siguió el Dolby B NR DOLBY B NR dirigido a los lectores domésticos de MCs (Magnetic Cassettes). Todos los estudios de grabación de Londres lo incorporaban para 1969, siendo distribuido por Europa, Japón, Australia y EE.UU. y consiguiendo un gran éxito (tal que incluso en nuestros días se utiliza). En 1970 el Dolby A se implanta por primera vez en el cine, con *Jane Eyre*; en 1972 se amplía para sonido estéreo con la película *Lisztomania* y se utiliza el Dolby B en emisiones de radio de Nueva York. En 1977 se estrena *Star Wars* (que consigue el Oscar al mejor sonido) en 46 salas equipadas con Dolby Stereo DOLBY STEREO y consolida el éxito del formato, creado un año antes. *Superman*, quincuagésimo filme en Dolby A bicanal (estéreo) se estrena en 200 cines con este sistema de sonido. En 1979 se introduce el Dolby B en los vídeos VHS y *Apocalypse Now*, el primer filme en 70 mm con Dolby Stereo, se estrena en 15 salas equipadas. La extensión Dolby HX DOLBY HX PRO para la grabación de cassettes se implanta en algunas platinas profesionales. En 1980 nace el Dolby C NR DOLBY C NR para cadenas musicales, que no conoce el éxito debido al gran éxito de su antecesor, el Dolby B, que un año después se instala en un walkman. Tras el fracaso del C NR, Dolby hace un último intento para popularizar un sistema superior al B NR, el Dolby S NR DOLBY S NR, que también fracasa. En 1982 se fabrica la primera duplicadora a doble velocidad con Dolby HX, el mismo año que nace el

Dolby Surround , primera versión doméstica del Dolby Stereo SR. En 1984 se introduce el Dolby Soundlink AC-1 (Audio Coding 1) para emisiones digitales de televisión por satélite y por cable. En 1986 nace el formato óptico en cinta Dolby SR (Spectral Recording) , o simplemente conocido como  (logotipo presente en los sistemas analógicos de Dolby). En 1987 se estrena la primera película en Dolby Stereo SR, *Robocop*, y este mismo año se mejora el Dolby Stereo y aparece su nueva versión doméstica, el famoso y rentable Dolby Surround ProLogic . En 1989 aparecen los codecs Dolby AC-2, más tarde implementados en televisiones digitales. En 1991 se crea el Dolby Digital y se estrena con la película *Stalingrado.* En 1992 se utilizan en los Juegos Olímpicos de Barcelona amplificadores y reductores de ruido de Dolby. 1993: emisiones digitales de HDTV para EE.UU. con AC-3. 1995: primeros prototipos de DVD incorporando sonido Dolby Digital y plena utilización del sistema para los LaserDisc. Durante este año, productoras como 20th Century Fox, Paramount, Warner Brothers o MGM/UA (Metro Goldwyn Mayer / United Artists) anuncian que todas sus futuras producciones incorporarán sonido Dolby Digital 5.1. 1996: Dolby y Microsoft firman acuerdos para introducir sonido Surround en la informática. Primeros lectores de DVD a la venta. 1997: primer DVD con una pista no inglesa en Dolby Digital 5.1. Primer codificador de Dolby Digital por software, de Intel. Introducción de los sistemas Virtual Dolby Surround y Virtual Dolby Digital , que intentan imitar los dos formatos originales sólo con dos altavoces. 1998: Dolby Laboratories acepta encargarse de la distribución del MLP (Meridian Lossless Packing) diseñado por Meridian Audio, para su implantación en DVD-Audio. Creación del Dolby Digital Surround EX co-desarrollado por LucasFilm Ltd. Anunciado el nuevo sistema Dolby Headphone. 1999: primera película en Dolby Digital Surround EX: *Star Wars: Episode I. The Phantom Menace*. 2000: Creado el nuevo sistema para auriculares Dolby Headphone . Programa de creación para el AAC (Advanced Audio Coding) , sucesor del MP3 y de más calidad. Anunciado el nuevo sistema analógico-digital surround para casa: Dolby Surround ProLogic II .

DOLBY DIGITAL

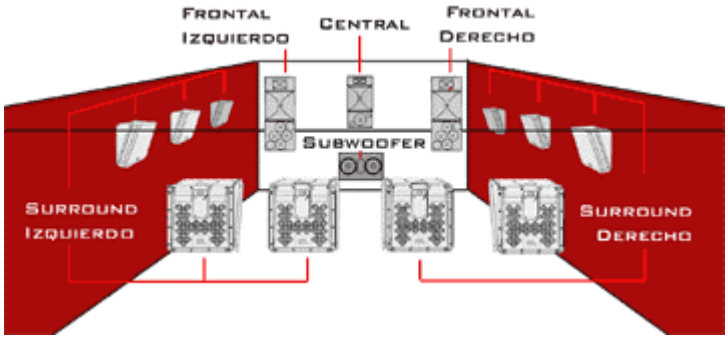
El Dolby Digital, también llamado DD, AC3 (Audio Code 3), SR-D (Dolby Spectral Recording Digital) o DSD (Dolby Stereo Digital), es un sistema de codificación digital de sonido que permite el almacenamiento de hasta 6 canales de sonido totalmente independientes en una sola señal.

El hecho de ser digital (formado por datos binarios) lo dota de total independencia entre cualesquiera de sus 6 canales, a diferencia del Pro·Logic. Su sistema de codificación es un sistema de compresión sin pérdidas perceptibles, al mismo tiempo; es decir, reducen el volumen lógico de datos digitales mediante algoritmos informáticos de forma que el resultado codificado y posteriormente decodificado sea idéntico perceptivamente a los datos originales sin codificar.

3.2.2 Canales

Estos son los 6 canales que ofrece el DD:

- **C:** Un canal, llamado Central (Central Channel), se encuentra detrás de la pantalla (en pantallas proyectadas, como en el cine) o por encima o por debajo (de pantallas de televisión), y se destina a reproducir la mayor parte de los diálogos de la cinta (por esta razón también se le llama Canal de Diálogos o Canal Principal, ya que es el más utilizado).
- **L,R:** Dos canales, llamados Frontal Izquierdo (Left Front Channel) y Frontal Derecho (Right Front Channel), detrás de la pantalla (proyectada) o a los lados (televisor), proporcionan la acción en pantalla (por eso, junto con el C, reciben el nombre de Canales de Pantalla).
- **LS,RS:** Dos canales, llamados Posterior Izquierdo (Left Surround) y Posterior Derecho (Right Surround), localizados, en el cine, en las paredes laterales y parte de la trasera (se utilizan una fila de altavoces para ambos canales, a 2 o más metros de altura) y, en el caso doméstico, se sitúan dos únicos altavoces a los lados del espectador, a 20º por detrás de su horizontal. Estos canales son utilizados para definir un ambiente sonoro tridimensional que envuelva (*surround*) al espectador (también se llaman Canales de Ambiente o de Efectos).
- **LFE:** Un canal, llamado Canal de Frecuencias o Efectos Bajos (Low Frequency Effects) es utilizado para reproducir las frecuencias más bajas que los otros altavoces no pueden reproducir. Su colocación en el cine es detrás de la pantalla y al lado o por debajo de los altavoces principales, y en casa es bastante libre (ya que en los límites del espectro el oído humano no localiza bien la fuente de los sonidos), siendo recomendable su colocación a nivel de suelo (hay quien prefiere situarlo en una esquina para que todavía sea mayor su amplitud, al rebotar las ondas en suelo y paredes).



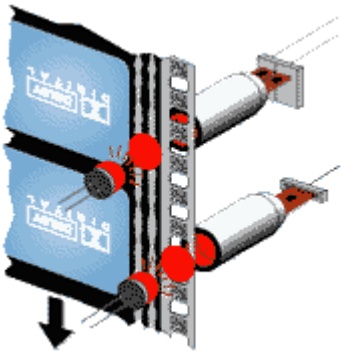
Los canales L, C, R, RS y LS tienen los cinco el mismo rango de frecuencias, de 20 Hz a 20 kHz, mientras que el del LFE va de 20 Hz a 120 Hz.
En realidad el LFE no es un canal íntegro, sino que se le considera un canal de refuerzo que no es necesario (en cine sí lo es) pero sí altamente recomendado. Por eso cuando una grabación en AC3 contiene los 6 canales no se le llama DD 6, sino DD 5.1, donde el "punto 1" representa el canal de subgraves; del mismo modo, cuando este canal no está presente se indica con la terminología DD 5.0. A pesar de esto la mayoría de amplificadores domésticos compatibles con Dolby Digital (curiosamente más los de gama baja y media que los de alta), cuando detectan una señal AC3 sin LFE se encargan de filtrar las frecuencias bajas de los otros cinco canales y enviárselas al subwoofer (altavoz de subgraves). La razón por la que los decodificadores de gama alta no lo hacen es porque en cierta manera esto deforma el sonido original y el resultado no es tan puro, aunque muy realista.

3.2.3 En el Cine

En las películas cinematográficas, los datos del Dolby Digital vienen integrados directamente en la cinta. Se encuentran en el lateral izquierdo del filme (mirando hacia pantalla), concretamente impresas en los espacios que hay entre los orificios por donde el proyector arrastra la cinta (hay 4 agujeros por fotograma en cinta de 35 mm). La representación impresa de los datos del Dolby Digital son píxels negros y transparentes, y en el centro de cada cuadro hay el logotipo de la doble-D (que no contiene datos). Para leer estos datos digitales el proyector tiene que estar equipado con un LED (diodo emisor de luz), con una vida útil de unas 10.000 horas, que pasa por los bloques y proyecta la imagen en un dispositivo fotosensible que la capta y analiza, convirtiéndola en señal eléctrica binaria, que se envía al decodificador Dolby Digital para transformarla en sonido multicanal y amplificarla.

Para que el lector pueda interpretar bien los datos la superficie de la cinta tiene que estar limpia, ya que cualquier partícula ajena a la cinta puede causar errores de lectura. Para asegurar la correcta lectura cada bloque se escanea tres veces, y el sistema escoge la imagen más limpia. El tiempo también deteriora la cinta, y por tanto cada vez se producen más errores de lectura durante la proyección; de hecho es muy probable que se produzcan errores de lectura, pero el decodificador ya está preparado:

La señal contiene un 50% de datos redundantes como sistema de seguridad. Además, cuando el decodificador se encuentra con uno, dos o hasta tres bloques de datos contiguos ilegibles, se repite en lugar de éstos, el último bloque decodificado correctamente. El oído humano no nota esta repetición (correspondiente a 1/96 parte de segundo por bloque), pero sí notaría un corte sin sonido. Pero cuando el número de bloques contiguos erróneos es igual o superior a cuatro, el sistema cambia automáticamente a la pista analógica Dolby SR, siempre integrada en la cinta. Si los siguientes bloques siguen siendo ilegibles el sistema pasa a *Long Revert Mode* (Modo de Reversión Larga), y continua reproduciendo la pista analógica durante 30 segundos más antes de volver a intentar decodificar la digital. Así que en un cine Dolby Digital se están leyendo constantemente ambas pistas, la digital y la analógica, por si falla.



El momento del cambio de digital a analógico se puede identificar fácilmente, ya que normalmente suena un fuerte estallido agudo, o hay un cambio brusco en el volumen de sonido y su calidad; todo esto debido al cambio de programa en el proceso digital del decodificador; pero con este sistema de seguridad la sala nunca se queda sin sonido. Además, en el hipotético caso de fallo en el proceso del SR, se puede pasar a pista Dolby A-Type, también presente en todos los procesadores, o a Mono como ultimísima alternativa.

Otro sistema de seguridad de que están dotados los procesadores cinematográficos Dolby es el sistema de Bypass. Si la corriente principal falla, el sistema pasa a Bypass Mode, o si se produce un error interno en la circuitería que pudiera poner en peligro la señal de salida. Este sistema permite seguir decodificando los datos, pero en vez de amplificar y enviar los 6 canales a sus altavoces correspondientes , solo utiliza una tarjeta amplificadora, mandando los 6 canales de audio a los altavoces de pantalla, resultando en una señal monoaural. El sistema es automático, pero también se puede activar manualmente en caso de que, por ejemplo, un altavoz imprescindible falle.

Los decodificadores cinematográficos Dolby son evolucionables, es decir, si en algún momento hay algún aspecto de las pistas que cambia, para adaptar a los decodificadores se incluye el software en el principio de la cinta que requiere esos cambios, desde donde se cargará y actualizará. De esta manera el firmware del procesador se actualiza automáticamente sin necesidad de asistencia técnica.

3.2.4 Tiempos de Retraso

En un sistema 5.1 el oyente se ha de situar en el centro de la acción, siguiendo la colocación de los altavoces como se ha explicado. Pero en un auditorio de gran capacidad no todos los espectadores gozan de esta situación privilegiada; por eso existen los Tiempos de Retraso. Solo si se equidista de los 5 altavoces se capta una imagen real final del sonido multicanal, si se está más lejos del canal central que de los surround (por ejemplo, caso más típico), el sonido de éstos últimos llegará antes que el del primero. Lo que el sistema de Tiempo de Retraso hace es emitir las señales de los canales en cuestión unas fracciones de segundo más tarde que los restantes (no más de 50 milisegundos, que sería ya para una sala de cine muy grande). Con esto se consigue que los cinco sonidos lleguen simultáneamente al espectador. Se puede aplicar tanto en sistemas de Home Cinema (1 solo altavoz por canal) o en salas de cine (más de 1 altavoz por canal), donde a cada grupo de altavoces (los LS y RS) se les asignará un retraso diferente según su distancia de pantalla.

3.2.5 Dynamic Range Control

El Dolby Digital Dynamic Range Control (control del rango dinámico del Dolby Digital) solo es aplicable a los equipos domésticos, y pocos lo incluyen. Consiste en limitar el rango dinámico, es decir, reproducir todos los sonidos a un mismo volumen (con un cierto margen seleccionable) para no tener altibajos "de sorpresa". También se le llama "Modo de Noche" o "Silencioso", ya que disminuye los sonidos de alta amplitud y aumenta los de baja.

3.2.6 Modos y Bit-Rates

En este apartado el Dolby Digital es el más versátil de todos, ya que soporta una enorme cantidad de modos y bit-rates diferentes a disposición de la necesidad de la pista a codificar (aunque en la práctica sólo se utilicen unos pocos).

Los modos que permite el DD son los siguientes (en paréntesis los canales que incluyen):

1/0 (C). 1 canal frontal y 0 posteriores. Mono (monofónico) [1.0]

2/0 (L,R). 2 canales frontales y 0 posteriores. Stereo (estereofónico) [2.0] Este modo consta de tres submodos:

» Codificado en Dolby Surround. La señal contiene información que indica al decodificador que *tiene que* decodificar este 2.0 en Dolby Pro·Logic.

» No codificado en Dolby Surround. "Bloquea" el receptor, informándolo de que *no puede* interpretarlo como Dolby Surround, sino que tiene que reproducirlo como un stereo convencional, por dos únicos canales.

» No indicado. No contiene *ninguna indicación* en la señal, y deja en las manos del oyente la opción de mandar al receptor que lo decodifique o no en Dolby Surround. Por definición se reproducirá en stereo hasta que se le indique lo contrario. A menudo indicado con el símbolo de Dolby Surround..

3/0 (L,C,R). 3 canales frontales y ninguno posterior. [3.0] *Este modo 3/0 no es muy usual, aunque todos son compatibles, en teoría, con los decodificadores certificados por Dolby.* A partir de este nivel todos los modos tienen la opción adicional de incluir el canal LFE o no.

2/1 (L,R,LS). 2 canales frontales más uno posterior (LS) reproducido por ambos altavoces de efectos. [3.0 - 3.1]. *De muy dudosa utilización.*

3/1 (L,C,R,LS). Lo mismo que el anterior pero con canal central. [4.0 - 4.1]. *De muy dudosa utilización.*

2/2 (L,R,LS,RS). 2 canales frontales y 2 posteriores. [4.0 - 4.1]. *Raramente utilizado, solo en algún DVD.*

3/2 (L,C,R,LS,RS). Todos los canales utilizados. [5.0 - 5.1]. Sin duda el más utilizado (en la práctica totalidad de cintas en cine y la mayoría de DVDs, sobretodo el 5.1). Aunque en DVDs de películas antiguas a menudo se incluye el formato sonoro original, para evitar el proceso de remasterización.

Los **Bit-Rates** soportados por el estándar Dolby Digital van desde los 56 kbps (kilo bits por segundo) hasta los 640 kbps: (en negrita los que son claramente más utilizados, no necesariamente correspondientes a los modos donde se indican)

- Exclusivamente para el modo 1/0: A partir de 56, 64 y 80.
- Para el modo 2/0 (en cualquiera de sus tres variantes): A partir de 96 y 112.
- Para los modos 3/0 y 2/1: A partir de 128 y **160**.
- Para los modos 3/1 y 2/2: A partir de **192**.
- Y para el modo 3/2: Solo 224, 256, **320**, **384**, **448**, 512, 576 y 640.

Los modos y bit-rates más utilizados con diferencia son: El 2/0 (a partir de aquí utilizaré la nomenclatura popular, 2.0) a 192 kbps (también a 160 kbps) y el 3/2 con LFE (5.1) a 448 y 384 kbps en DVDs (dependiendo del espacio disponible en disco, película larga, muchos extras...) y a 320 kbps en cine. Parece ilógico que se utilice en cine un bitrate inferior que en DVD, pero la razón es que el espacio donde se guarda el AC3 en la cinta no puede albergar más datos (aunque corren rumores de que se quiere eliminar el logo de la doble-D para aumentar la capacidad útil).

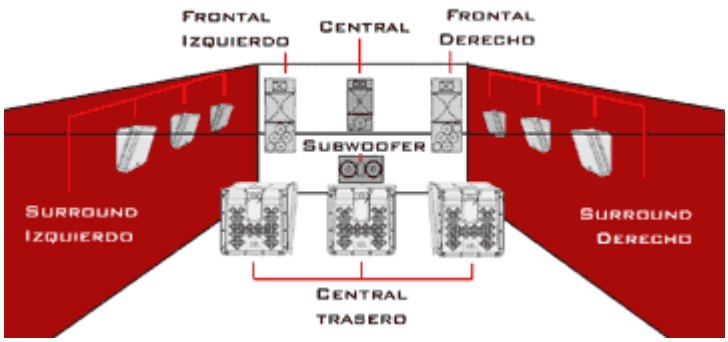
Respecto a la frecuencia de muestreo utilizada, es siempre la misma en todos los modos: de 48 kHz (aunque el estándar dicta que se pueden utilizar también los 44,1 y los 32 kHz, pero nunca se utilizan).

Erróneamente al Dolby Digital se le llama Dolby Digital 5.1 o sencillamente 5.1, cuando en realidad el DD es solo el formato de codificación, no el modo o los canales. Hay más sistemas que también utilizan el modo 5.1, no es propio del Dolby Digital.

3.2.6.1 DOLBY DIGITAL SURROUND EX

En 1999, con el estreno de la película *Star Wars: Episode I. The Phantom Menace*, surgió un nuevo "semiformato" del DD. LucasFilm Ltd. colaboró en la mejora del sistema de 5.1 canales existente hasta entonces, añadiendo a la configuración un sexto canal posterior llamado Back Surround (BS), decodificado matricialmente y emitido desde todos los altavoces de la pared posterior del cine, mientras que los LS y RS se reducían a la fila de altavoces laterales. La separación entre los tres canales posteriores es de 30 dB, a diferencia de la mayor separación, de 120 dB, que poseen el resto de canales; el rango de frecuencias del BS es el mismo que en el ProLogic (puesto que utiliza el mismo sistema), de 100 Hz a 7 kHz.

En realidad el Dolby Digital Surround EX no es un formato, sino un nuevo modo. Es completamente idéntico al Dolby Digital técnicamente hablando, ya que el sexto canal no es independiente, sino que está sacado matricialmente de los dos canales Surround (señal de misma amplitud y en fase), de la misma forma que se saca de una pista Stereo el canal central. Por eso no es un sistema 6.1, sino un sistema 5.1 EXTENDED. Por tanto el DD Surround EX es el mismo sistema de codificación AC3 y es 100% compatible con los decodificadores DD existentes; de hecho no existe un decodificador especial para el DD Surround EX, sino que es un añadido de decodificación Surround al aparato ya instalado. Este complemento (SA-10) ha sido el producto que ha experimentado el crecimiento de ventas más rápido en la historia del cine, sobretodo dado que George Lucas obligó en cierta manera a todos los cines que quisieran estrenar su película a instalar el adaptador, de manera que sin certificado de compra e instalación no alquilaban la cinta.



El sistema recibe el nombre de Dolby Digital Surround EX para los cines, y el de THX Surround EX para el Home Cinema. Ningún decodificador doméstico que no sea THX puede ser Surround EX (aunque, evidentemente, teniendo un decodificador DD 5.1 se pueden conectar los dos altavoces surround a un decodificador ProLogic y obtener un 6.1).

3.2.7 La Codificación del Dolby Digital

El estándar del CDDA (Compact Disc Digital Audio) utiliza el sistema de sonido PCM (Pulse Code Modulation), con 16 bits de profundidad y 44.1 kHz de muestreo; es decir, que cada segundo de cada canal (2 en CDDA) contiene 44100 muestras de sonido, cada una de ellas expresada en 16 bits. Estas características permiten que el Dynamic Range (rango dinámico) sea de 96 dB desde el sonido más fuerte hasta el ruido de fondo (ruido nulo en el caso teórico perfecto). Bueno, pues cuantos menos bits se utilicen en una muestra para definir sonido, más reducido es el rango dinámico, y por tanto más alto el volumen de ese ruido de fondo. Aquí es donde el sistema de reducción de ruido Dolby NR (Noise Reduction) es básico para entender la codificación del AC3. Se aprovecha del fenómeno psicoacústico de enmascaramiento de frecuencias, por el que el ser humano no puede diferenciar más de un sonido de la misma frecuencia, sino que sólo oímos el de mayor amplitud (el que enmascara los otros). En el DD se reduce el ruido de fondo (provocado por la escasez de bits) cuando no hay sonido en dicho rango de frecuencias, y cuando sí lo hay sólo se reducen los ruidos de las frecuencias que quedan tapadas por el sonido principal (por el efecto de enmascaramiento).

Dolby Digital codifica el sonido dividiendo el espectro sonoro en estrechas bandas de frecuencia de diferentes anchuras, optimizadas respecto a la selección del oído humano. Esto permite filtrar apuradamente el espectro de frecuencias, evitando que el ruido audible debido al bajo flujo de bits sea diferenciable, sólo percibiendo (con instrumentación, no a simple oído) el ruido que queda cercano a la frecuencia seleccionada. Un codificador Dolby Digital permite seleccionar esta anchura de banda de frecuencia (kHz).

Como se ha explicado, el flujo total de datos digitales del DD es constante, pero no lo es cada canal por separado; la llamada agrupación de bits permite que los canales que "reclaman" más definición porque contienen un espectro más amplio o un volumen más elevado (como puede ser el canal de diálogos mientras los surround permanecen en silencio), reciban un flujo de bits más elevado que los otros canales que no lo requieran. Esto pasa constantemente, ya que nunca reciben en una grabación sonora la misma gama y el mismo nivel de sonido todos los canales por igual, por tanto podemos decir que el Dolby Digital es un sistema de flujo total constante formado por flujos individuales variables que se compensan para mantener siempre el mismo bit-rate. Otro caso donde la agrupación de bits es muy útil es a la hora de representar dos canales diferentes con la misma información contenida; mientras que otros sistemas digitales tienen que codificar cada señal por separado (repitiendo gran cantidad de información), el DD también busca ligeramente parecidos entre canales, para poder ahorrar información y ser aprovechada por otros canales más necesitados (recordemos que hay un "límite" de capacidad que se tiene que cumplir con exactitud).

3.2.8 Implantación

Actualmente el Dolby Digital es el formato de sonido para cine por excelencia, el más conocido e implantado en sistemas del sector. La práctica totalidad de las producciones cinematográficas que llegan semanalmente a las salas comerciales vienen con una pista de sonido en Dolby Digital 5.1.
La compañía Dolby es totalmente independiente, sin compromisos con estudios cinematográficos en particular (como otros sistemas), así que sus *royalties* son los mismos para todas las productoras y distribuidoras.

3.3 DTS

3.3.1 Introducción

“Un sistema de sonido digital para todos los cines que se convirtiera en estándar para los estrenos cinematográficos, reproducido desde un soporte externo ideado para este único fin, barato, más fiable y robusto y de más calidad”

Así tenia que ser el formato que querían crear el fundador de la empresa *Nuoptix* y su colaborador para mejorar las pistas sonoras de los filmes de esos años (80'). A principios de 1992 se le presentó a Steven Spielberg una demostración del nuevo formato creado, que le convenció y decidió implantar en su siguiente película: *Jurassic Park*, de Universal Studios. Antes de aceptar definitivamente, la productora utilizó el nuevo sistema en dos mini producciones, en las que se localizaron y solucionaron problemas con la pista de sincronización. Finalmente, el 1 de Febrero de 1993 y con Universal Studios, Spielberg y los dos creadores (entre otros) como propietarios, se fundó la empresa Digital Theater Systems. El 11 de Junio (11 días antes de la fecha prevista) se estrenó *Jurassic Park* en los EEUU, con 876 equipos ya instalados (de los 2400 cines que estrenaban la película). Universal los vendía prácticamente a precio de coste para promocionarlo.

DTS (Digital Theater System / Sound / Surround) es un sistema digital de codificación de sonido que permite la existencia de 6 canales independientes de audio en una sola señal comprimida. Además de para el cine, DTS también se utiliza en "sitios especiales"

como parques temáticos o simuladores virtuales, caso en que puede albergar hasta 8 canales independientes en una sola señal, pudiendo sincronizar varias señales para conseguir un número ilimitado de canales totalmente independientes.

3.3.2 Canales

Los 6 canales que ofrece se corresponden en nombre y localizaciones con los del sistema Dolby Digital, con unas frecuencias de 20 Hz a 20 kHz en frontales y central, 80 Hz a 20 kHz en surround y 20 Hz a 120 Hz en LFE. Tiene una frecuencia de muestreo de 48 kHz. Pero a diferencia del Dolby Digital, el DTS utiliza una resolución de 20 bits, cosa que le convierte en el sistema de más calidad.

3.3.3 En el cine

Como ya hemos dicho, el DTS no incorpora los datos impresos en la cinta, sino que vienen grabadas en un CD-ROM a parte. Lo que sí incluye en la cinta es un "código de tiempo", una señal impresa de sincronización que permite a la imagen y al sonido reproducirse simultáneamente, aún cuando una cinta de 24 fotogramas por segundo es proyectada a 25 f/s, por ejemplo, ya que soporta variaciones de hasta ±10 % en la velocidad; gracias a la versatilidad de este código de tiempo, DTS es el único sistema digital utilizado en 70 mm.

Además de para multiplexar correctamente imagen y sonido, el código de tiempo viene marcado con una señal identificadora de título, así que si se pretende reproducir disco y cinta de películas diferentes, el sistema no lo permitirá; también permite la reproducción del mismo título con diferentes bandas sonoras (idiomas) sólo con cambiar el disco, etc. Para leer una pista de sincronización, el proyector tiene que estar equipado con un scanner lector más simple que el utilizado en el DD, ya que las marcas que forman la pista son mucho más grandes (visibles a simple ojo), y por tanto pasan a menos velocidad. El desgaste necesario para hacer ilegible esta pista también haría que la imagen fuera miserable. En los filmes de 70mm, además, la pista impresa es más grande y, por tanto, relativamente indestructible.

Anteriormente el DTS se intentó grabar en una cinta DAT (Digital Audio Tape), pero a raíz de los inevitables problemas de sincronización se optó finalmente por un soporte óptico como el disco compacto, en el cual se pueden almacenar hasta 100 minutos de audio DTS-6. Teniendo en cuenta este valor y dependiendo de la duración de la película, se utilizarán uno o dos discos compactos por proyección. Pero, como es lógico, la proyección no puede ser parada para hacer el cambio de disco: el equipo DTS de que disponen en las cabinas de los cines está formado por dos o tres lectores de CD (según el modelo), de forma que cuando la lectura de un disco llega al final el otro se pone en marcha y el sistema empieza a recibir

datos del segundo, sin ninguna interrupción. Aún así, el sistema de lectura y decodificación está dotado de los siguientes sistemas de seguridad: La transmisión de datos no es "al vuelo" desde el CD al decodificador, sino que el lector siempre va más avanzado en la lectura y va almacenando los datos en una memoria buffer desde donde los recoge el decodificador (es un sistema de seguridad en caso de error de lectura en el disco y, por extensión, para asegurar el correcto cambio de CD sin saltos). Otro sistema de seguridad cambiará a pista analógica SR cuando se produzca un error en la lectura de la pista de sincronización (muy improbable, de todos modos), no haya disco, el disco sea incorrecto o no haya pista de sincronización (caso en el que el sistema está programado para seguir decodificando la pista hasta que encuentre de nuevo el código de tiempo en la cinta o, en caso de que no lo encuentre en 4 segundos, pasar a analógico y volver a la pista DTS cuando encuentre datos correctos interpretables). En los filmes de 70mm no hay pista analógica, pero es imposible que se de un error en el código de tiempo, por su tamaño en la cinta.

3.3.4 Modos y Bit-Rates

Así como el Dolby Digital es increíblemente versátil y soporta un elevado número de combinaciones de modos y flujos de bits, el DTS sólo tiene tres modos posibles, uno de ellos ya descatalogado.

DTS-S: Abreviación de DTS-Stereo, formado por dos únicos canales en pantalla: Derecho Total y Izquierdo Total. A menudo se le llama erróneamente DTS-4 porque se puede decodificar matricialmente en 4 canales (como en el caso del Dolby Stereo), pero en realidad es un simple stereo como el analógico que se incluye en el film, pero dentro de un disco; los 4 canales que se puedan extraer de él, en todo caso, no serán independientes. Este sistema ya no se utiliza. Salió como alternativa económica ante el estreno de *Jurassic Park*, pero los compradores consideraron que dos era un número insuficiente de canales para un sistema digital, e invirtieron en el DTS-6.

DTS-6: Es el nombre interno real para lo que se llama popularmente DTS 5.1 o simplemente DTS, y como dice su nombre, está formado por los 5 canales de que está equipada una sala multicanal, más el LFE. La práctica totalidad de las producciones cinematográficas equipadas con DTS incorporan este modo. Puede incluir o no el canal LFE (tanto en el estándar cinematográfico como en el DVD, aunque no vale la pena utilizar modo 5.0), pero se incluye obligatoriamente en el estándar CD (este es el único modo del DTS que tiene estándar para CD).

DTS ES 6.1 DISCRETE: En realidad no es un modo, sino un submodo del modo DTS ES (explicado posteriormente), pero hemos considerado como modos los sistemas cuya

totalidad de canales son independientes (y el **DTS ES** o el **DTS Neo:6**, como veremos, no lo son). Bueno, como ya se ha dicho, todos los canales del DTS ES 6.1 DISCRETE son independientes, y este canal de más se corresponde al canal Posterior Central (Back Surround -BS-), situado donde se ha explicado en el Dolby Digital Surround EX. Permite una mejor localización del sonido, ya que ahora los tres canales de efectos son totalmente discretos (independientes). El sistema ofrece una compatibilidad del 100% con los sistemas anteriores, es decir, que un decodificador de DTS-6 ante una señal DTS ES 6.1 DISCRETE se comportará como si fuera una pista DTS-6, ignorando la información del séptimo canal: "la información está allí, depende del sistema receptor si se aprovecha o no". El primer DVD estrenado con este sistema fue *The Haunting* de DreamWorks, y el primer receptor-decodificador doméstico compatible, el Denon AVR-5800. De momento no tiene equivalente cinematográfico y lo más probable es que nunca lo tenga.

- Los bit-rates posibles para el DVD son los siguientes:

-Para el DTS-S: 503,25 kbps o 377,25 kbps tanto si incluyen o no el canal LFE.
-Para el DTS-6: 1509 kbps o 754 kbps tanto si llevan LFE como si no (incluido el DTS Discrete).

- Para el estándar CD sólo hay un modo y bit-rate posible: El DTS-6 con LFE incluido, a 1234,80 kbps (ocupando el ancho de banda completo del CD-Audio = 150 kB/s -kilo bytes por segundo-). Estos 150 kB/s de bit-rate corresponden a la lectura de un CD a velocidad 1x (estándar del CDDA), hecho que permite reproducir un "DTS CD" en una cadena musical convencional, conectando la salida digital del CD a la entrada del decodificador DTS como si de un DVD se tratara.
- Para el cine, el único bit-rate utilizado es el de 882 kbps, tanto para DTS-6 como para DTS ES.

Para todos los casos la muestra es de 48 kHz, aunque para DVD también existe un modo llamado **96/24** (a 96 kHz y 24 bits) que ofrece una calidad muy superior.

3.3.4.1 DTS ES

También llamado **DTS Matrix 6.1**, el DTS Extended Surround (DTS ES) proporciona 5.1 canales discretos más un séptimo (BS) codificado matricialmente en los dos ambientales de la misma forma que lo hace el Dolby Digital Surround EX. Y como el proceso matricial es exactamente el mismo que el de éste, Digital Theater Systems tiene que pagar los derechos (a Dolby en cines y a THX en Home Cinema) por su utilización (aunque el decodificador no es el SA10, sino uno propio de DTS). El BS tiene las mismas características que en el SurrEX, la misma separación de canales y el mismo rango espectral.

Es interesante un aspecto curioso y muy acertado del DTS ES respecto al modo DTS ES DISCRETE 6.1: Como se ha dicho anteriormente, una pista DISCRETE se puede reproducir perfectamente en un sistema DTS convencional; pues bien, todas las películas en DISCRETE tienen codificada por partida doble la información del BS, como canal DISCRETE y como canal matricial decodificable por DTS ES. Por tanto todas las pistas DISCRETE pueden ser escuchadas en 6.1 a través de un sistema ES. Pero este hecho provoca que cuando realmente se decodifique en DISCRETE, el canal BS sonará por los altavoces BS y a la vez por los RS y LS, que no se decodifican. Para solucionar esta superposición (que aumentaría considerablemente la amplitud sonora ambiental), el sistema DISCRETE envía a los canales RS y LS la señal del BS invertida, que al sobreponerse a la positiva se anula.

En otro apartado, el DTS tiene un modo llamado **DTS NEO:6**, y es el equivalente al Dolby Surround ProLogic II. Hace exactamente lo mismo, aunque sus principios de funcionamiento sean diferentes. La única diferencia es que el NEO:6 puede dar una pista de hasta 6.1 canales en salida. Otra vez más, es "inventar" o "deducir" 7 canales de una simple pista stereo de 2 canales.

3.3.5 La codificación del DTS

El objetivo de Dolby era crear un sistema de compresión digital que pudiera reducir la cantidad de datos para poder ser transportadas directamente a la cinta. Este compresión, como hemos visto, se consigue por medio de la pérdida real de calidad de sonido pero sin la pérdida perceptiva; es un sistema de compresión sin pérdidas perceptibles.

En cambio cuando se desarrolló el DTS, se le dotó de un sistema de codificación sin pérdidas. El objetivo no era reducir datos, sino mejorar la calidad del sonido. Esto se refleja en los bit-rates. Mientras que el DD utiliza casi siempre el bit-rate de 384 kbps o hasta el de 320 para pistas 5.1, el DTS ocupa 1.509 o 754 en su versión ligera. Así pues, el DTS tiene más en común con la codificación sin pérdidas que con la de de pérdidas imperceptibles.

El DTS utiliza dos sistemas diferentes de codificación. Para el DTS de las salas cinematográficas utiliza el sistema *apt-X100*, y para los sistemas domésticos (CD, LD, DVD), el *Coherent Acoustics.*

- DTS para salas comerciales o **apt-X100**:

  Se trata de dividir todo el espectro sonoro en 4 subbandas de frecuencias y comprimirlas por separado, ya que cada subbanda no tiene porqué tener la misma energía, y la resolución en la codificación puede ser ajustada por separado dependiendo de este factor. A cada señal se le hace un seguimiento de la "historia reciente" de la señal y se adapta a la muestra actual, es decir, compara la señal inmediatamente anterior con la actual (la que ha de codificar), y si las dos señales son muy parecidas lo que guarda es sólo la información diferencial (cuando es menos voluminosa que la señal entera en si), sin necesidad de volver a codificar un sonido casi idéntico; así se ahora el uso inútil de datos, pudiendo ser aprovechadas para otros aspectos. Este proceso se llama *liniar predic-cion and adaptive quantization* o ADPCM (predicción linial y cuantización adaptativa).

- DTS para los sistemas domésticos o **Coherent Acoustics:**

  Así como el apt-X100 es muy constante y poco flexible, el Coherent Acoustics es bastante escalable, con bit-rates que pueden ir desde los 32 kbps a los 4Mbps, hasta una profundidad de 24 bits y un máximo de 8 canales. Este sistema no es de codificación perceptiva para el DVD, el CD y el LaserDisc, pero si lo es cuando los bit-rates son inferiores a los utilizados en estos tres soportes.

  También separa el espectro en subbandas, en 32 subbandas; y también utiliza el ADPCM, pero si no es efectivo lo deshabilita (a bajo bit-rate se tiene que ahorrar mucho y eliminar los datos redundantes). En resumen, es más flexible, se adapta más a la señal cuando no se pueden derrochar bits.

3.3.6 Una nueva propuesta: CD-DTS

A medio camino entre los discos de alta definición y el CD convencional se encuentra un nuevo formato, el CD-DTS. Su tecnología es sencilla: se trata, básicamente, de trasladar la información de sonido que puede encontrarse en un DVD con sonido DTS a un disco compacto. Dicha información se codifica de tal forma que sea capaz de leerla un lector de CD, aunque por sí solo no pueda traducirla. Es decir, los datos conservan la estructura de bits que dicta el estándar CD Audio (44,1 KHz estéreo y 16 bits de datos más los bits de control y corrección de errores) pero no emplean el método PCM de digitalización; esta es la razón por la cual si reproducimos uno de estos discos en un reproductor de compactos convencional lo único que oiremos será un ruido ininteligible.

Para traducir los datos hará falta un decodificador de sonido DTS (que podrá estar integrado en el propio reproductor o bien en un amplificador aparte) que recibirá los datos que le vaya transfiriendo el lector a través de una entrada digital.

Las características propias del estándar DTS aplicadas a los CD consiguen aumentar los 16 bits de éste a 24 y los 44.100 Hz a 96.000 y añaden la posibilidad de albergar hasta siete canales de audio independientes. Además, el disco podrá reproducirse tanto en reproductores DVD (ya que casi todos son también lectores de CD) como en lectores exclusivamente de *compact disc*. Lamentablemente, este tipo de discos no es fácil de encontrar en las tiendas de nuestro país, aunque sí pueden solicitarse *on-line* a través de tiendas como *www.amazon.com*. La oferta aún es pequeña pero va creciendo tímidamente. Lo que no queda tan claro es si este crecimiento se verá eclipsado por la proliferación de los discos DVD Audio y SACD, tecnológicamente superiores a los CD-DTS.

3.4 SDDS

3.4.1 Introducción

"Last Action Hero" (El Último Gran Héroe), de Columbia Pictures, fue la primera película en incorporar el sistema digital de sonido multicanal Sony Dynamic Digital Sound, nacido en agosto de 1994 y dirigido exclusivamente a la gran pantalla. De los tres sistemas digitales actuales, éste es el que más canales ofrece y, por tanto, el de más cara instalación (razón por la que no tiene equivalente doméstico). Es de la marca Sony y utiliza su sistema de codificación ATRAC, también utilizado en el MiniDisc.

3.4.2 Canales

El SDDS soporta más canales independientes de sonido que sus competidores: hasta 8 (7.1 canales), todos ellos con una respuesta de frecuencia de 5 Hz a 20 kHz excepto el LFE, que va de 5 Hz a 120 Hz.

Ésta es la distrubuición de los 8 canales:

- Un canal central para los diálogos.
- Cuatro canales de pantalla, el Izquierdo, Izquierdo-Central, Derecho-Central y Derecho.
- Dos canales de efectos, Posterior Derecho y Posterior Izquierdo, para los efectos surround.

- Un canal para las frecuencias bajas, el LFE.

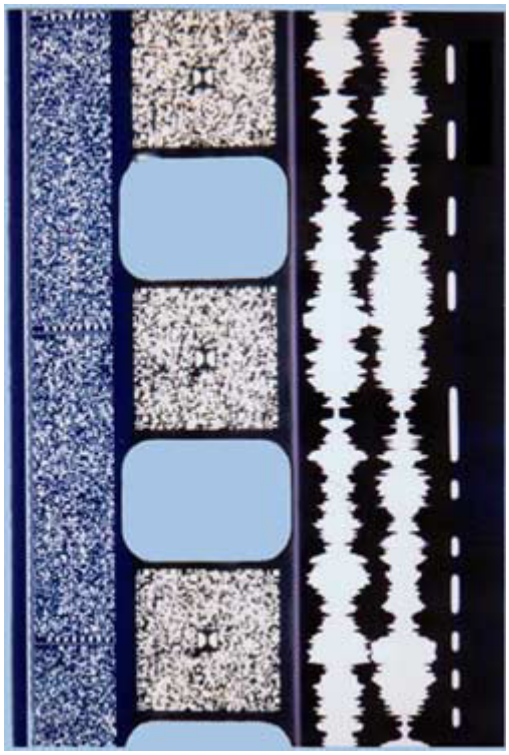
Éste sistema de 5.1 canales en pantalla más 2 surround permite situar la acción perfectamente dentro de la pantalla, más que con un 3.1.

3.4.2 En el cine.

El SDDS, como el Dolby Digital, viene con la información imprimida en la cinta, pero a diferencia de éste no se encuentra entre los huecos de arrastre, sinó en

los límites laterales externos (el único espacio que quedaba libre en el film). La tira de datos es continua, y se compone de millones de píxeles impresos en la capa de color cyan, la más profunda del film y, por tanto, la más protegida. Éstos píxeles son captados por una lente que recibe la imagen proyectada por un láser, y que posteriormente se convierte en datos digitales. Una vez convertidos los datos, el decodificador digital SDDS los transforma en las 8 pistas de sonido posteriormente amplificadas. Los laterales del film, donde se encuentra el SDDS, són los espacios que resultan más castigados, y que más se desgastan y se arrugan con el paso del tiempo; por esa razón el lateral izquierdo de la cinta, además de contener la información

para los canales Derecho-Central, Derecho, Derecho-Surround y LFE, también alberga una copia de seguridad de los canales Central e Izquierdo. El lateral derecho contiene los canales Central-Izquierdo, Izquierdo, Izquierdo-Surround y Central, así como una copia de seguridad del canal Derecho y LFE. Ambas pistas de backup (copias de seguridad) se encuentran en el mismo punto entre ellas, pero están ligeramente separadas de las pistas principales, a una distancia de unos 17 fotogramas, para evitar que ambas pistas sean ilegibles en un mismo punto, en el caso de una arruga en la cinta, por ejemplo. Aunque haya esa



separación de 17 fotogramas (0,7 segundos), el sonido no sufre desincronización, ya que la lectura del SDDS se produce bastante antes de que el fotograma correspondiente pase por el obturador.

Éste sistema de seguridad evita al máximo posibles errores de lectura, ya que siempre tiene algún canal legible correctamente, momento en que el decodificador puede pasar de modo 7.1 a 5.1 o 3.1 (por ejemplo) sin que se note en absoluto el momento del cambio. Éste proceso se llama Digital Concealment Mode (DCM). Si todos los canales son ilegibles, siempre puede pasar a modo analógico (Dolby SR). Por esta

razón, en la teoría, el SDDS es más estable en la reproducción que el SR-D, que cambia a SR directamente en cuanto no puede leer los datos, provocando un estallido audible muy molesto, aunque en la práctica, el Dolby Digital falla menos que el SDDS.

El sistema es modular, ofreciendo 3 modos (para los cines que no se puedan permitir un sistema de primera categoria): El de 8 canales, uno de 6 y otro de 4. En el caso opuesto, si se reproduce una película codificada en 5.1 en un sistema 7.1, automáticamente reparte el sonido por todos los canales sin necesidad de intervenir el operador.

Evidentemente, el atractivo del SDDS es el número de canales, 8; y como es un sistema más caro de instalar no vale la pena tener un sistema SDDS 5.1 cuando se puede tener un DD o DTS de igual número de canales a un precio mucho inferior; así que el sistema más extendido es en teoria el de 8 canales. Aún así, el SDDS es un gran desconocido y está muy poco implantado en comparación al famoso Dolby Digital y el DTS, de gran calidad, y que ahora empieza a representar una amenaza para el DD. Igualmente, y aunque muchas películas (sobretodo las americanas) incorporan SDDS, muy pocas incorporan el SDDS-8, el que realmente vale la pena. Siempre lo podemos comprobar esperando a ver el final de los créditos de la película, donde se indica los sistemas de sonido de que está dotada (aunque a menudo se indican los de la versión original y no la doblada, pero eso es otro asunto).

El **bitrate** utilizado para el SDDS es de 2,3 Mbps (2402 kbps), el más elevado de los tres grandes sistemas digitales.

3.4.3 SDDS 8 Canales Reales

El SDDS se caracteriza por disponer de 8 canales, es decir, 5 canales en pantalla. A pesar de eso, la mayoria de películas no incorporan el sistema de 8 canales, aprobechando solo 6. Además, numerosos cines disponen de un decodificador de SDDS 8 Canales pero no disponen de las 5 cajas acústicas requeridas detrás de la pantalla, por lo que el anunciado SDDS de 8 canales se convierte en un pobre SDDS de 6 canales, puesto que el sistema no aprobecha todas sus posibilidades.

Llamamos SDDS de 8 Canales REALES a aquél sistema de sonido que disponga, además del decodificador de 8 canales, sus 5 altavoces detrás de pantalla.

3.4.4 La Codificación del SDDS

El Sony Dynamic Digital Sound utiliza el mismo formato de compresión que el Sony MiniDisc: el ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding), cuya misión es reducir en un 80% el número de bits utilizados con respecto a la onda PCM original (ya digitalizada). Utiliza algoritmos no uniformes que dividen el espectro de frecuencias en tres bandas, que son analizadas individualmente en frecuencia, amplitud y tiempo. También se basa en el efecto de enmascaramiento de frecuencias; si un sonido silencioso está lo suficientemente cerca en frecuencia a otro más fuerte, el ATRAC calcula si ese sonido más silencioso seria audible, si no fuera audible (quedara enmascarado), el codificador descartará el sonido inaudible, reduciendo los datos necesarios para almacenar ese instante de audio. Otro factor en el que se basa este método de codificación es el tiempo que persiste un sonido; el ruido de fondo, por ejemplo, cambia muy poco a lo largo de los segundos, así que se le asigna menos bits. Un efecto sonoro breve como un disparo utiliza más bits, debido a que su estructura cambia mucho en un intérvalo pequeño de tiempo. Puesto que, a diferencia que el MiniDisc, el SDDS tiene una capacidad de 2.460.000 bits por segundo, hay mucho espacio para almacenar información redundante, datos de sincronización entre canales y duplicaciones de seguridad de algunos canales.

Aunque el MiniDisc i el SDDS se basan en el método de compresión ATRAC, Sony asegura que el algoritmo de compresión utilizado por el SDDS es superior técnicamente al utilizado en el MiniDisc, por tanto, el SDDS ofrece mayor calidad que el MiniDisc.

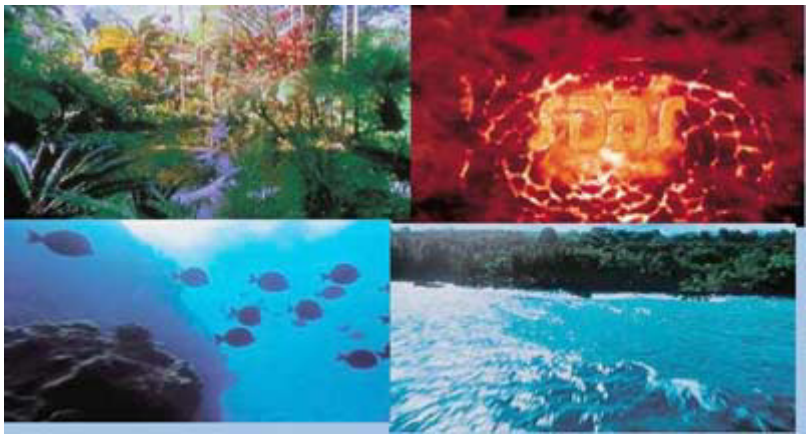
3.4.5 El equipo SDDS

Actualmente los lectores y decodificadores que comercializa Sony para el SDDS son los siguientes:

- **DFP-R3000**: Digital Film Processor -Reader 3000. Es el lector que comercializa actualmente SDDS para leer la banda codificada en el film. El LED tiene una larga duración, y además están simplificados los cables para una mejor manejabilidad y transporte al decodificador.
- **DFP-D3000**: Digital Film Processor - Decoder 3000. Es el decodificador de la señal en sí, tanto de 8 canales como de 6 canales, con la opción de mezclar un film de 8 canales en 6 canales para los cines que no dispongan de 8 canales REALES. Además de decodificar el SDDS, incluye un decodificador de sonido analogico, para evitar tener que adquirir otro específico).
- **DFP-D2500**: Digital Film Processor - Decoder 2500. Es como el decodificador model D3000, pero sin el añadido de decodificación analógica.

Trailers de SDDS

Existen 4 trailers de SDDS, aunque éstos son realmente difíciles de ver, ya que muy pocos cines (y cuando digo muy pocos son *muy pocos*) disponen de ellos. Son los siguientes:



Jungle, un viaje por el trópico Hawaiano de 45 segundos; **Volcano**, descubriendo el volcán Kilauea durante 30 segundos; **Underwater**, 43 segundos de sonidos bajo las aguas de la costa de Kailua-Kona; y finalmente **Quest**, la versión larga que junta los tres tráilers (Underwater, Jungle y Volcano) en un trailer de 2 minutos de duración.

3.5 MPEG-2 Multicanal

Sistema no-profesional ya desaparecido, se usaba en sonido home cinema para DVD, perdio la contienda frente dolby.

El sistema de multiplexaje MPEG 2, soporta cualquier número de canales de entrada de audio tan largos que la velocidad de transporte seleccionada pueda soportar la suma de datos. Los usuarios tienen la flexibilidad para seleccionar su propio algoritmo de compresión de audio, tales como: Audio MPEG 2, MUSICAM, DOLBY AC-2 o AC-3. Los canales pueden ser configurados independientemente o en pares estéreo. Diferentes velocidades de audio es otra de las características de el sistema. Una vez más, la velocidad también será asociada con la calidad.

La compresión de audio MPEG 2 es un algoritmo que, como el vídeo MPEG 2, explota las limitaciones del sistema humano, en este caso el oído. Como en la compresión de vídeo, el algoritmo de compresión de audio también elimina la información irrelevante dentro de la señal de audio. La información irrelevante es cualquier señal imperceptible. Por ejemplo, en presencia de una señal fuerte, todas las señales vecinas flojas son enmascaradas y aunque son parte del espectro, no son percibidas por el oído. El algoritmo MPEG 2 es del tipo "lossy" o con pérdidas pero la distorsión insertada por la señal será inaudible.

La configuración básica del audio MPEG 2 ofrece seis canales de audio. Esta característica debe ser usada para distribuir tres pares de estéreos (o seis canales mono) para aplicaciones multilenguajes o para crear un sistema estereofónico multicanal. Lo anterior crea una realidad como a la de un campo de audio. La recomendación de cornetas configuradas para sistemas estereofónicos multicanales es conocido como e*stéreo -p/q* , donde *p* es el número de cornetas en el frente y *q* es el número de cornetas en el fondo. Por ejemplo un estéreo-3/2 proveerá un sistema con canales al frente en la derecha, centro y a la izquierda más canales posteriores que rodean el área y ofrecen un mejor e impresionante realismo a la audiencia.

Las configuraciones típicas para sistemas estereofónicos multicanales son:

- 1 Canal modo 1/0: Mono
- 2 Canales estéreo 2/0: izquierda y derecha
- 3 Canales estéreo 3/0: izquierda, derecha y centro
- 4 Canales estéreo 3/1: izquierda, derecha, centro y posterior
- 5 Canales estéreo 3/2: izquierda, derecha, centro, posterior izquierda y derecha
- 5.1 Canales estéreo 3/2: izquierda, derecha, centro, posterior izquierda y derecha y un canal de efectos especiales de 100 Hz LFE (Low Frequency Enhancement).

Audio MPEG 2 ofrece tres diferentes capas de compresión (capa -I, -II, y -III). Cada capa usa un esquema de reducción incremental de la velocidad binaria, con la ayuda de el incremento de la velocidad de compresión mientras se mantiene la calidad.
Para la capa -II, la técnica de reducción de bit corresponde para el algoritmo MUSICAM, el permite varias combinaciones de velocidades de bit (32 a 224 Kbit/s por canal), y calidad de audio sin comprometer la complejidad del hard-ware. Por ejemplo una velocidad de muestreo de 56 Kbit/s y 16 KHz en la capa -II ofrece mejor calidad que la definida en el registro ITU-G.722.

3.6 El THX

3.6.1 Introducción

El THX no es, como se piensa popularmente, un sistema de sonido como el Dolby Digital, DTS o SDDS, sino que es una garantía de calidad, una certificación que nos indica que veremos el programa con la mejor calidad posible, tal y como el director quiso que llegase a todos los espectadores. Fue diseñado en 1982 por la empresa de George Lucas, Lucasfilm Ltd. y la primera película en incorporarlo fue *Star Wars: Episode VI. The Return of the Jedi*. El nombre de la certificación proviene del técnico que lo ideó, Tomilson Holman, y es la abreviación de "Tomilson Holman eXperiment" y de la primera película de Lucas, *THX 1138*.

El THX consiste en una serie de estrictas especificaciones de cómo de deben tratar la imagen y el sonido en la etapa B del proceso cinematográfico (la que engloba los procesos de reproducción en la sala, mientras que la etapa A es la de grabación de la película). Cada cine con certificación THX se examina meticulosamente la primera vez por un técnico de Lucasfilm de EEUU, y cada año por la empresa que instaló el equipo para poder seguir exhibiendo el prestigioso logotipo del THX en la entrada de la sala y el trailer al principio de cada proyección. THX no vende ningún tipo de material, el único dispositivo que requiere fabricado por ellos mismos es un crossover que corta las frecuencias de cada canal (en 2 vías o en 3 vías...) y las amplifica separadamente. El cine alquila el crossover, no lo compra.

El único requerimiento para la etapa A en la producción es que la banda sonora se mezcle en un estudio licenciado y con una tabla de mezclas THX, como la del famoso Skywalker Ranch de Lucas, en California.

3.6.2 Home THX

Home THX es la extensión doméstica del THX, basado en la corrección de errores tonales y espaciales para un sistema de audio reducido, reproduciendo una pista originalmente diseñada para las salas de cine grandes. En sus orígenes solo era aplicable al Dolby Surround, certificando ciertos equipos que cumplen los requerimientos necesarios (altavoces Surround bipolares, amplificadores testeados...)

Sus mejoras se deben a la aplicación de los siguientes criterios: *De-correlation System*, el cual amplia el campo de audición convirtiendo la señal monoaural ambiental en una estereofónica por medio de la de-correlación (falso stereo), *Re-equalization Process*, que trata electrónicamente la señal entrante y la adapta para el sistema de reproducción concreto; y el *Timbre Matching Process*, que asegura que todos los altavoces suenen igual para no escuchar diferente un avión cuando está en el altavoz R que cuando pasa por detrás, por ejemplo.

Más tarde, cuando los sistemas digitales entraron en casa, el THX tuvo que adaptarse, entrando en compatibilidad con el Dolby Digital y el DTS con las nuevas versiones del Home THX:

- **THX SELECT**: Pensado para equipos de cine en casa de nivel medio. Es compatible con Dolby Digital y DTS.

- **THX ULTRA**: Para equipos de un nivel superior al SELECT.

THX ULTRA 2: Para equipos de nivel superior, pero con la diferencia de estar adaptado para ser compatible con los nuevos sistemas Dolby Digital Surround EX y Dolby Pro-Logic II.

3.6.3 Criterios técnicos del THX

SALA:

Es recomendable que la sala no tenga las paredes laterales paralelas, ya que provocaría muchas reverberaciones.

No puede haber ninguna perforación, excepto detrás de la pantalla. Las salas THX no suelen tener pasillo de salida por detrás de la pantalla, puesto que dificultaría la estructura trasera de la pantalla. Las butacas de la sala deben tener una anchura mínima de 50cm, y una separación entre filas de 90cm mínimo.

En las salas de más de 250 butacas no debería existir un pasillo central (hablamos de los perpendiculares a la pantalla), puesto que se pierden los mejores asientos.

Más otras condiciones que vienen definidas por los siguientes criterios.

REVERBERACIONES:

Para cada tamaño de sala hay un nivel de eco permitido, pero en ningún caso pueden ser audibles los reflejos directos de los altavoces de pantalla.Para las reverberaciones en general se tienen que tomar las medidas básicas, como forrar las paredes interiores con material aislante acústico. Para evitar las reverberaciones laterales, desde el suelo hasta la altura de los oídos las paredes laterales han de tener doble fondo, separado un espacio de 5 cm de la pared maciza y relleno de material aislante acústico (como la lana de roca o la fibra de vidrio) de 2,5 cm de grosor mínimo; en el caso de la pared posterior (en la que rebota la mayor parte del sonido)

debe haber un mínimo de 5 cm de material aislante en el espacio entre la pared y el falso fondo, de arriba a abajo.

La pared de pantalla tiene que estar recubierta con 2,5 cm de las placas de espuma *Coated InsulSHIELD" Black* del fabricante *Schuller International*; no se acepta ningún otro que no sea éste (salvo que sea expresamente comprobado y aprobado por los laboratorios de THX).

Detrás de la pantalla debe haber una triple pared de Pladur, separada y rellena de material aislante.

SONIDOS EXTERNOS:

Durante una proyección, los sonidos externos como pueden ser el proyector, el aire acondicionado, transformadores o sonidos de salas contiguas no pueden exceder un nivel NC-30 de SPL (Sound Power Level) en cualquier frecuencia (nivel parecido al sonido externo que se escucharía desde dentro de una iglesia). Se han de tomar la medidas necesarias como instalar puertas aislantes.

En el caso de las vibraciones, provocadas por los altavoces, de elementos dentro de la sala, se tienen que eliminar completamente: se ejecuta por todos los altavoces un test sonoro con una onda sonora que pasa por todas las frecuencias; para cada frecuencia vibrará una parte de la sala. Entonces solo se debe localizar y solucionar.

SONIDO EN LA SALA:

Debe cumplir con los requerimientos mínimos de rango corte de frecuencias.
No deben producirse variaciones de tono (causados por variaciones espontáneas de velocidad en la proyección).

El stereo en pantalla debe ser percibido desde cualquier punto de la sala. El nivel mínimo de presión sonora sin distorsión es de 97dB en cine de 35mm, en 70mm es de 105 dB, tanto para los altavoces de pantalla como los surround.

Los canales surround deben distribuir el sonido uniformemente, con un margen de ±2dB en la zona de los espectadores (el área de la sala con butacas).

ALTAVOCES:

Cada pantalla acústica de la sala debe poder emitir a 85 dB de SPL. El número de altavoces subwoofer que tienen que haber en la sala depende del volumen de esta. Los altavoces de pantalla, incluidos los subwoofers, no pueden estar dentro de ninguna caja, ni de madera ni de ningún otro material, sino que tienen que estar metidos directamente en los huecos de la pared (recubierta de material aislante), para evitar vibracio-

nes. Todos tienen un lugar determinado muy concreto para cada tamaño de pantalla (si cambian sus dimensiones, la situación de los altavoces también cambiará).

En cuanto a los altavoces surround, todos ellos deben ser bipolares (como mínimo); de ésta forma los efectos ambientales quedan más difuminados en la sala.

En cuanto a los cables de conexión, además de ser de la calidad necesaria, han de tener la misma distancia desde el amplificador al altavoz en todos los casos, ya que las relaciones longitud-ruido y longitud-pérdida de potencia son directamente proporcionales.

PROYECCIÓN:

El cristal por el que se proyecta la película tiene que ser doble y hermético para que no se escapen sonidos de la cabina. El vidrio interior ha de tener un ángulo de 7º horizontales respecto la lente del proyector para evitar reflejos; debe tener un tratamiento especial para que no se filtre la luz ambiental; y el cristal exterior debe estar inclinado ligeramente hacia arriba para evitar que el sonido de la pantalla rebote a los espectadores. Tiene que haber una pequeña ventana hermética por donde introducir el micrófono en los tests.

En cuanto a los ángulos de proyección, los proyectores tienen que estar situados en el centro de la imagen, con un margen de error permitido de ±5%.

El ángulo de visión recomendado desde la última fila es de 36º horizontales, pero se aceptan hasta un mínimo de 26º. El ángulo de visión vertical desde el asiento central de la primera fila no puede exceder de 35º. El ángulo de distorsión de la imagen (asientos laterales de la sala) no puede exceder de 45º.

PANTALLA:

Las pantallas deben estar en buenas condiciones, sin desgarros, arañazos, decoloración o otras marcas que pudieran molestar durante el visionado. Cualquier costura o veta de la tela de la pantalla no debería notarse cuando se proyecta una imagen.

La iluminación de la pantalla debe ser uniforme, concentrándose en el centro de ella, con una luminancia de 16 fL ±2 fL (foot Lamberts) y disminuyendo en los extremos. Los extremos de la pantalla (el 5% interior) no deben tener una luminancia menor del 75% de la del centro, ni mayor del 85%. No debería haber ninguna parte de la pantalla con una luminancia menor de 10 foot Lamberts. Para proyectores digitales, la luminancia mínima es de 12 fL ±2 fL.

La imagen ha de ser uniforme en toda la superficie (no pueden haber

ondas en la pantalla ni en la imagen).

La definición de la imagen proyectada debe ser uniforme, con una resolución mínima de 68 líneas por milímetro en el centro de la pantalla, 56 líneas/mm en los extremos y 40 líneas/mm en las esquinas. Para todos los formatos de pantalla, incluso para los que usan lentes anamórficas (2.35:1).
No debe ser perceptible ningún efecto "ghost" (fantasma) debido al obturador (cuando éste está abierto en el momento en que la cinta se mueve).
La estabilidad de la imagen proyectada debe ser óptima, de tal forma que los fotogramas no pueden moverse verticalmente más de un 0,20% (del tamaño de la pantalla) y horizontalmente más de un 0,25%.
Los bordes de la imagen en pantalla deben ser definidos (no borrosos), y la imagen no debe recortarse más de un 5%.

El encuadre del fotograma debe ser exacto, con un margen de error del 3% vertical.
Ningún elemento de la sala debe reflejar luz a la pantalla, y ningún elemento de detrás de la pantalla debe reflejar luz a las butacas.

Las señales de salida o otras luces no deben interferir en la imagen de pantalla.
Las puertas de entrada y salida se deben situar de tal forma que ninguna luz directa pueda ser dirigida a la pantalla.

La pantalla debe ser visible en su totalidad desde cualquier butaca de la sala.
Las salas deben tener cortinas en todos los extremos de la pantalla. Si las cortinas son móviles, deben poder adaptarse al menos al formato Panorámico (1.85:1) y al Scope (2.35:1). Durante la proyección, la imagen proyectada debe llenar toda la pantalla hasta el límite de las cortinas (que deben ser paralelas), y no deben quedar márgenes en blanco sin proyectar. Si las cortinas tapan algún altavoz, la parte que lo tapa debe ser transparente al sonido.

El THX es muy estricto, y también tiene especificaciones que contemplan cosas tan específicas como la acumulación de polvo en la película y daño de la cinta (arañazos...). También se atreve a hacer recomendaciones en aspectos tan pintorescos como los servicios del cine, paneles informativos, taquilla, bar, salas de espera, amabilidad del personal, fallos en la proyección, procedimiento de emergencia, y hasta parking.
Todo el equipo utilizado tanto en la decodificación y amplificación del sonido, altavoces, proyector o la pantalla tienen que estar aprobados por THX.

Ahora pasaremos a ver los criterios ambientales y construcctivos específicos que THX publica como pautas para que las salas cinematográficas puedan incorporar THX

3.6.5 Criterios técnicos para certficación THX en salas cinematográficas.

Calidad de sonido:

I. formato de *sonido*

Todos las salas cinematográficas deben estar equipadas con equipos capaces de reproducir apropiadamente bandas sonoras estereo de 35mm y área óptica variable.

2. *Nivel (el volumen)*

Cada canal del sistema de sonido de una sala cinematográfica debe sonar con un nivel de presión sonora de 85 dBC en un ajuste estandar de la mezcla sonora del equipo. Esto es medido para cada canal usando un medidor de nivel de presión sonora cuando se introduce ruido rosa en el sistema. Los operadores deben jugar con las características en el ajuste de la mezcla habitual (partiendo de las especificaciones de los fabricantes sistema de sonido). Los trailers excesivamente fuertes podrían necesitar compensación hacia abajo, pero se debe hacer un esfuerzo para mantener las características de la mezcla original.

Referencia: el nivel de presion sonora normalizado en el doblaje sonido es de 85 dBC (SPL)

3. Margen *de frecuencia y Equilibrio Tonal*

Margen de frecuencia es el límite entre el grave mas bajo y el agudo mas alto sobre el que el sistema de sonido es capaz de trabajar. El equilibrio sobre el margen de frecuencia es el ajuste del sistema con el propósito de que reproduzca todas las frecuencias, desde los graves a los agudos, de acuerdo con los patrones de referencia.

Es necesario establecer el estandar de referencia para la respuesta en frecuencia de la cadena-A (proyector y preamplificador y la cadena-B(los igualadores, amplificadores de potenciaes, altavoces, y acústica de habitación)

Mencionar: 35 mm: SMPTE 214, 70 mm: 217 de SMPTE

4. “Wow y Flutter”

El Wow y el Flutter se producen con la variacion de la velocidad de reproducción del sonido y es de audible como una variación del tono. El Wow y el Flutter no deben ser audibles para el publico.

Referencia: el audio que crea por ingeniería la sociedad AES usual 5

5. *Cobertura Estéreo*

Si se cumplen las especificaciones que afectan a la pantalla de imagen, y los altavoces de la pantalla se montan ocultandose detrás de ésta, siguiendo las condiciones del formato en uso. La sensacion estéreo debe ser percibida en todo el auditorio.

(C) el 1993 claqué de TM de L$_{uc}$asfilm Ltd. y de teatro Program de alineación son marcas de servicio de TM de Lucasfil$_{m\ Ltd.}$

6. *Nivel máximo de presión sonora sin distorsion.*

El nivel máximo de presión sonora en el formato 70 mm debe ser mayor que 105 decibelios de cada canal sin la sobrecarga del amplificador de potencia, llamado “clipping” (recorte). En el formato 35 mm, el nivel máximo de presión sonora sin sobrecarga debe ser mayor que 97 decibelios.

7. S*istema envolvente*

El eje de cobertura del altavoz envolvente debe ser uniforme + / - 2dB sobre el área de asientos. Los requisitos para los altavoces de la pantalla (ver#3 , Margen de Frecuencias y Equilibrio Tonal) deben ser aplicables a la selección de altavoces envolventes tanto como sea posible. El nivel máximo de presión sonora sin distorsion (see # 6, el nivel de presión de sonido sin distorsiones máximo) debe también aplicarse a la matriz de altavoces envolventes.

8. *Acústica (la resonancia y los ecos)*

La resonancia y los ecos son perjudiciales para la inteligibilidad de los diálogos y es necesario minimizarlos en las salas cinematográficas. La resonancia variará dependiendo del volumen de la sala y será mayor en los volúmenes de sala más grandes,lógicamente. El margen admisible en el tiempo de reverberación va desde 0.5 a 2 segundos. Nunca pudiendo superar los 2 segundos.

9. *Ruido de fondo (HVAC, vestíbulo, empleados, sistema de sonido)*

El ruido de fondo, asi como el ruido del sistema HVAC (Calefacción, Ventilación, y Aire Acondicionado), o el sistema de sonido, no debe obstruir la calidad de sonido en el auditorio. Ningún pro-

blema del sistema de sonido como el murmullo, siseo, crujido, o los golpes, etcétera, (hum, hiss, crackle, pops, etc) debe ser audible por la audiencia. Las bisagras de las puertas del auditorio y los asientos no deben hacer ruido. El ruido de fondo máximo no debe exceder NC - 30 o ser más bajo que NC - 25.

Referencia: sociedad estadounidense de la calefacción, la refrigeración, y ingenieros guía de aire acondicionado, RP - 141 de SMPTE

10. *El sonido "bleed-through"*

El sonido de auditorios adyacentes es esperado ser el más común el ruido entrometido, y debe ser minimizado con el propósito de que no obstruye la calidad de sonido. Todos ruidos entrometidos deben ser menores que NC-30, y ninguno de los tonos puros de auditorios adyacentes debe ser audible. (Vea # 9, de fondo el ruido.)

II Criterios Ambientales

Nota: las recomendaciones hechas en esto son generales. Uno acústico consultor de debe ser conservado para hacer el sitio las recomendaciones específicas con el propósito de que THX los criterios establecidos en nuestros arquitectos's y Engineer's manual es cubierto.

A. paredes de aislamiento

1. Mínimos sugeridos

Se recomienda una construcción de clase de transmisión mínima de sonido 75 (STC o Sound Transmission Class). (Se pide a los ingenieros y arquitectos hacer referencia a los detalles de construcción de la pared de aislamiento) Una específica recomendación mas el la reducción de ruido acústica entre cines. Se especifica en la tabla abajo:

Banda de octava	Reducción de ruido
31.5 Hz	38 decibeles
63 Hz	48 decibeles
125 Hz	52 decibeles
250 Hz	54 decibeles
500 Hz	66 decibeles
1000 Hz	66 decibeles
2000 Hz	66 decibeles
4000 Hz	66 decibeles
8000 Hz.	66 decibeles

2. Construcciones

Evitar las penetraciones en las paredes comunes de la sala. Los perímetros de una pared de aislamiento deben ser cubiertos satisfactoriamente usando un sellador acústico. La parte de la talla correspondiente desde la pared hasta el techo debe ser cubierta con construcciones usando yeso. Si no esta bien trabajado, la desviación de la cubierta podría deformar el yeso y suministrar un sendero para el sonido bordeando la cubierta.

B.. Reverberación

Un consultor acústico debe llevarse para calcular que el la absorción de la sala es la que se encuentra en las especificaciones de reverberación proporcionadas por THX.

1. Específico

A) Pared Lateral

Si las paredes laterales son demasiado reflexivas, el "flutter o revoloteo" o un eco de un "Golpeo" se escucharan de lado a lado de la sala. Las necesidad de absorción que se necesita es la que permita la capacidad de escucha desde la distancia del oyente sentado y tan cerca como se pueda de la distancia del suelo del area de asientos. Debe usarse un mínimo de 1" (2.5 cm) de fibra de vidrio, con 1" o 2" (12.5 a 5 centímetros) del espacio aéreo detrás del tratamiento de absorción utilizado.

Para evitar reflexiones laterales, se recomienda el diseño no-paralelo de las paredes laterales, aun así, puede producirse un pequeño flutter o algun eco.

B) pared de proyección

La absorción más fuerte tiene que usarse sobre la pared de proyección para evitar que los reflejos retrasados del diálogo alcancen a la audiencia posterior. Un mínimo de 2" (5 centímetros) de fibra de vidrio deben usarse aquí también con un espacio de aire detrás de ella. Todo el área disponible de esta pared deben ser tratada, como es de otra manera la fuente potencial para reflexiones con mucho retraso para oyentes en la parte delantera de la sala.
deber estar cubierto de 2 " (5 cm) de fibra de vidrio. Esto debe incluir las pared trasera, una pared side, y el techo.

.

3.6.6 Componentes THX certificados en Verano 2004

Altavoces

Sistemas Compactos de Pantalla

Límites de Sala

Max Volumen máximo: 45,000 ft^3 (1275m^3)
Distancia máxima al último asiento: 40 ft (12.2m)

Apogee MPTS-1
Electro-Voice TS992-LX
JBL 3678
Pilot FIlms PFMS 3000
Martin Audio Screen 2

Sistemas de Pantalla

Sistemas de 2 vías

CinemAcoustics CA-S5330
EAW CB2591
Electro-Voice TS550D-LX
Electro-Voice TS9040D-LX
JBL 4675C-8LF
KCS S - 1801
KCS S - 3001
KLipsch KPT -941
*KX-5802
*KX-5804
*KX-5812
*KX-5814
KriK KX-5812 Series
Magnum Accoustics RA- 152SCS
Sony SRP-SC1A
Wassmann WSS 953

Sistemas de 3 vías

EAW MC4973
EAW CB423M
EAW CB523M
EAW CSC923
Electro-Voice Vari-Plex
Electro-Voice Vari-Plex XL
JBL 3632T
JBL 4632T
JBL 5671
JBL5672
JBL5674
KCS S-7802
KCS S-8000
KCS S-8500
Martin Audio Screen 5
Martin Audio Screen 6
RCF CSS-3003 TX

Sonics S4
TAD TSC-3415

Subgraves

BGW 1100
BGW 2200
CinemAeoustics CA S3118
EAW SB-284C
Electro-Voice TL3512
Electro-Voice TL440
Electro-Voice TL880D
Electro-Voice TL880P
JBL 4645C
JBL 4641
JBL 4642A
KCS C - 218A
Klipsch KPT-684
Krix KX-4610
Magnum Acoustics RA- 181SW
Martin Audio Sub 1A
Martin Audio Sub 2
Smart DS574
Sony SRP-B7A
TAD TSC- 1118SW
Wassmann WSS 954

Altavoces Envolventes

Boston Acoustics A70T
CinemAcoustics CA-1010
EAW CR72
EAW CR82
Electro-Voice FR10-2B/A 16-8A
Electro-Voice FR12-2B
Electro-Voice FR 200B
Electro-Voice SL12-2V
Electro-Voice TS8-2
Frazier F2350
Gradient SR-4
JBL 8330a
JBL 8340a
KCS SR - 10A
KCS SR-12
KCS SR-15
KCS SR-20 Klipsch KPT-100
Klipsch KPT-200
Krix KX-1550
Krix KX-1800
Krix KX-1850

Krix KX-1855
Martin Audio Effects-3R
Martin Audio Effects 5
RCF CSS-2008 FX
Sony SRP-S760A
Wassman WSS 2006

Sistemas de 3 vías para 6 canales

Límites de la Sala

Volumen máximo: 15,000 ft^3 (425 m^3)

Apogee MPTS-1
Pilot Films PFMS 3000

1 Equipamiento general

2 Amplificadores de Potencia

AB International ER2050LX
AB International 1590B
AB International 1650
Amcron MA-602TX
Amcron MA-1202TX
Amcron MA-2402TX
Amcron MT-601
Amcron MT-1201
Ashly FTX-1501
Ashly FTX-2001
Australian Monitor K7
BGW Millennium 2
BGW Millennium 3
BGW PS /2
BGW PS /3
BGW PS /4
C-Audio GB402/tx
C-Audio GB602/tx
C-Audio Pulse 2x650
C-Audio Pulse 2x1100
C-Audio Pulse 4x300
CinemAcoustics CA-A540
CinemAcoustics CA-A800
CinemAeoustics CS-400
CinemAcoustics CS-800
Cinemeccanica C601
Cinemeccanica C1201
Cinemeccanica C2401
Crest Audio CPA 600
Crest Audio CPA 900

Crest Audio CPA 1200
Crest Audio Multiplex 900
Crest Audio Multiplex 1100
Crest Audio Multiplex 1500
Crown/Amcron 1400CSL
Crown/Amcron CT-410
Crown/Amcron CT-810
Crown CE 1000
Crown CE 2000TX
Crown CL 1
Crown CL 2 TX
Crown MA-602TX
Crown MA-1202TX
Crown MA-2402TX
Crown MA-5002VZTX
Crown MT-1200
Crown MT-600
Crown Reference 1
Crown XLS 402
Crown XLS 602
Ecler PAM 960E
Ecler PAM 1360E
Electro-Voice CSP1
Electro-Voice CSP2
Electro-Voice CSP3
Electro-Voice CSP4
Electro-Voice P1250
Electro-Voice P2000
Electro-Voice P3000
JBL MPA 275
JBL MPA 400
JBL MPA 600
JBL MPA 750
JBL MPA 1100
JBL MPC 200
JBL MPC 300
JBL MPC 600
JBL MPX 300
JBL MPX 600
JBL MPX 1200
LAB. GRUPPEN 500t
LAB. GRUPPEN 1000t
LAB. GRUPPEN 1600
QSC 1400
QSC CX4
QSC CX6
QSC CX12
QSC DCA1222
QSC DCA1622
QSC DCA1644

QSC DCA1824
QSC DCA2422
QSC DCA3022
QSC DCA3422
QSC MX700
QSC MX1000a
QSC MX1500a
QSC MX2000a
QSC MM3000a
QSC USA900
QSC USA1310
Smart TA-450
Smart TA-2050
Smart TA-3050
Sony SRP-P450/2
Virgin RS-450
Yamaha P3200
Yamaha PC7500T

Monitor/Crossover

THX Monitor 3417
(for 2-Way Systems)

THX Monitor D1138

Control/Crossover de Subgraves y 5.1

THX CC4

Procesadores Cinematográficos

CinemAcoustics CA-CP600
Dolby CP-650
Dolby CP-500
Dolby CP-65
Panastereo CSP1200
Sony DCP-1000
Sony DFP-D3000
Ultra Stereo JSX-1000

Equipamiento para testeado de Salas cinematográficas

R2 Acoustical Measurement System

3.6.7 Homologación y revisión de los sitemas THX

Introducción

Lucasfilm Ltd. a través del **Theatre Alignment Program** (TAP) del certificado THX y en cooperación con el sector de la distribución y la exhibición, ha establecido unas pautas para la reproducción de los films en las salas comerciales. Este punto es importante, ya que el THX se centra principalmente en esta fase y no en la grabación o producción de la película.

Este apartado hace referencia a una revisión de una sala cinematográfica española, aquí se detallan los complejos y detallados exámenes a los que se someten los equipos y las salas certificadas con THX. Se realizan las siguientes pruebas:

Referido al sonido

Dentro del proceso cinematográfico de la exhibición, el TAP exige unos parámetros concretos a respetar durante la proyección, que se dividen en dos etapas, la A y la B. La primera se refiere a la calibración del proyector y del preamplificador; en cambio, la segunda se ocupa de la calibración del ecualizador, etapas de potencia de los canales, altavoces y condiciones acústicas de la sala.

Etapa A (A-chain):

Estas dos comprobaciones se encuentran en la primera parte del proceso ya que simplemente aseguran una correcta lectura de las dos pistas disponibles en la copia estándar por los pertinentes dispositivos lectores de sonido para la pista analógica (analog track) y la pista óptica (optical track).

Es decir, basta con ajustar correctamente el azimut (ángulo entre una cabeza lectora y la dirección del movimiento de la película) para garantizar una señal de salida correcta a la siguiente etapa del sistema.

Etapa B (B-chain):

Antes de seguir adelante en la explicación de esta nueva etapa, es conveniente explicar con qué medios se llevan a cabo las mediciones acústicas de la sala. Pues bien, al analizar una sala, se instala un conjunto de 4 sorprendentemente pequeños micrófonos, similares a los “de corbata” que llevan los presentadores de televisión. Su diagrama polar es omnidireccional y su respuesta en frecuencia recorre todo el espectro audible, de 20 a 20.000 herzios. Estos micrófonos, están sostenidos por un pie que los eleva del suelo a una altura próxima a la de un espectador sentado en su butaca. Se sitúa un micrófono en el medio de la sala y los otros tres se colocan alrededor de él en otras filas y butacas, simulando otras posiciones de los posibles espectadores del recinto. Así permanecen fijos para cada una de las pruebas.

Los micrófonos están conectados con un ordenador, equipado con el **analizador de espectro THX R2** que proporciona al ingeniero los tests que determinan el ruido de fondo (NC) o el tiempo de reverberación (RT) entre otros, e incorpora un generador de ruido rosa. Además el THX R2 facilita en tiempo real los valores de las mediciones de los cuatro micrófonos.

Una vez ya instalados los micrófonos, se inician las pruebas. En lo referente al sonido, el ingeniero activa el generador de ruido rosa, emitiéndose por los altavoces de la sala. El ruido rosa es una variación del ruido blanco, parecido al que se oye en un receptor de FM cuando no sintonizamos ninguna emisora y cuyo nivel desciende 3 dB por octava para proporcionar una alimentación constante en todo el ancho de banda. Pues bien, este ruido es captado por los micrófonos y su retardo, frecuencia, nivel de presión sonora (sound pressure level o SPL, medido en decibelios) etc. son monitorizados en tiempo real en el ordenador.

Dependiendo de la prueba que se esté realizando, así se corregirán los resultados a las especificaciones exigidas por la certificación THX. Hay un nivel preferido para cada señal, pero a su vez se acepta un margen tolerable de variación entre la señal recibida y la deseada, sin que se produzca un defecto sonoro claro.

El ordenador activa alternativamente cada uno de los cuatro micrófonos para realizar varias mediciones en ellos, a fin de asegurar un resultado lo más fiel posible a la realidad, evitando posibles circunstancias pasajeras. Al final de todas, se realiza una media y ese resultado se utiliza como referencia en el calibrado de los parámetros que se estén investigando.

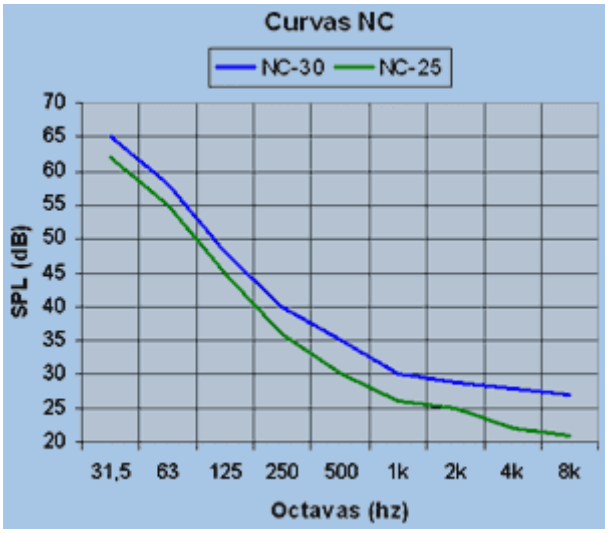
Los Tests

Una vez visto el equipo y el procedimiento que llevan a cabo, pasamos a desarrollar algunos de los tests que realizan:

Prueba HVAC:

En esta ocasión se trata de comprobar el nivel de ruido que se escucha en la sala proveniente de fuentes externas, como salas contiguas, pasillos... y sobre todo del aire acondicionado (encendido y apagado). Es uno de los tests más curiosos que se realizan. Y es curioso porque es lógico que se capte un ruido más o menos uniforme cuando el aire acondicionado está encendido: un motor en funcionamiento, pequeñas corrientes de aire, ventiladores... Pero lo más interesante resulta de la comprobación del sonido con la sala en silencio absoluto. En principio se presupone un silencio total con el aire apagado, pero sorprendentemente no es así. ¡¡El silencio suena!! y se constata claramente en el analizador de espectro. Son niveles bajos, pero apreciables. Y así lo comprobamos al bajar a la sala acompañados por el personal de THX. No hay un factor concreto que origine este "sonido ambiente", sino la mezcla de algunas variables, como puedan ser la tensión eléctrica, ligeras vibraciones de la estructura... Es como si el hormigón respirara.

Nunca se permite superar el llamado NC-30 (noise criteria rating o background noise level), que es el límite máximo permitido. Concretamente, THX recomienda el diseño de salas y la instalación del resto de equipos susceptibles de generar ruido de manera que nunca se alcancen niveles superiores a los 58 dB a 63 Hz y los 29 dB a 2 Khz.



RT-60 (reverberation time):

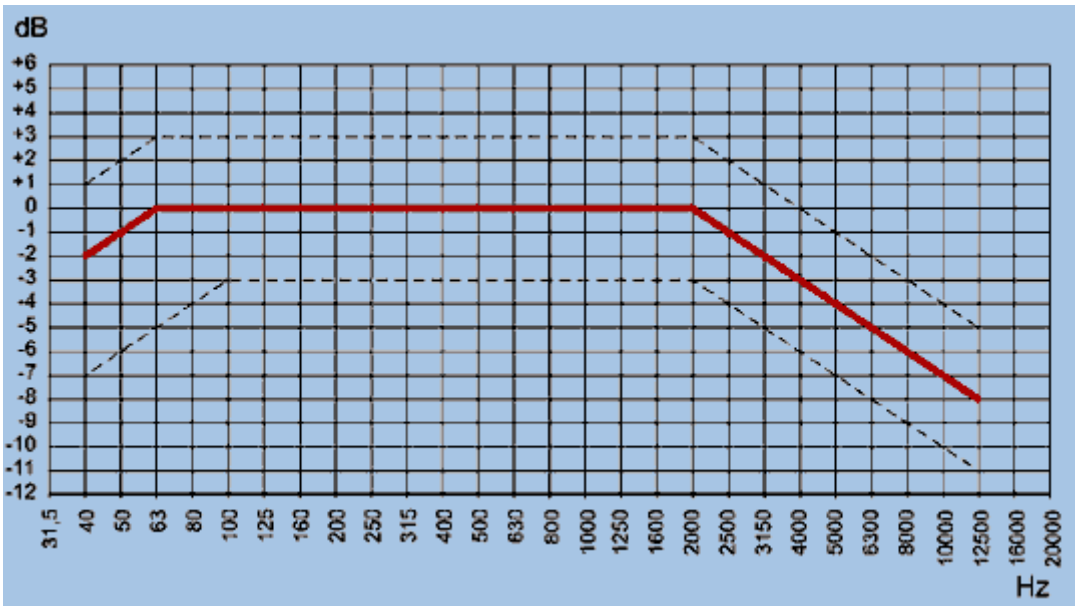
Bajo estos caracteres se esconde un análisis del tiempo de reverberancia para una caida de 60 dB en la amplitud de una onda. O dicho en otras palabras: el técnico emite un tono de 60 dB por los altavoces y tras un breve espacio de tiempo lo corta súbitamente. Lo que se trata de medir aquí, es el tiempo empleado por la sala en absorber las reverberaciones de ese sonido, una vez finalizada la emisión del sonido directo. Es decir, ¿en cuántas décimas de segundo se pasa de 60 a 0 dB?. Obviamente no

deben quedar ecos residuales que molesten la escucha o desvirtúen el sonido original y por lo tanto, cuanto más rápido desaparezcan, mejor (nunca deben ser superiores a 2 segundos).

Aquí también nos encontramos con todas las opciones posibles de un completo analizador de espectro con numerosas prestaciones. De modo que es posible comprobar la respuesta del recinto para cada una de las frecuencias. Poniendo un ejemplo al azar, una frecuencia de 500 hz. tarda en absorberse 0,79 segundos; si resultara excesivo, la gráfica nos mostraría su comportamiento con unos puntos o rayas que han rebasado otra raya prestablecida, es decir, ha sobrepasado los valores especificados por THX para esa frecuencia. De la diferencia con esta última, depende si la variación es aceptable o hay que rebajarla (lógicamente, el peor de los casos).

Optimización de la ecualización de la sala:

Otros de los puntos a calibrar en la revisión anual de las salas por los ingenieros de THX, es la preservación de una determinada ecualización, la llamada **curva ISO 2969** o curva X. Esta curva es un estándar internacional de la acústica de las salas de cine desde los años 70 cuando *Dolby Laboratories* extendió sus sistemas de monitorización por todo el mundo. Concretamente, se atenuan todas las altas frecuencias 3 dB por octava a partir de los 2.000 Hz. Esto es así, teniendo en cuenta la disposición de sus canales de sonido y la aplicación de un fenómeno psicoacústico por el cual, las personas esperamos escuchar una atenuación de las altas frecuencias de las fuentes de sonido que están más alejadas de nosotros, en grandes distancias o espacios (como son las salas de cine, cuyo volumen normalmente supera los 150 metros cúbicos.
Esta es la razón por la cual, en los amplificadores de “cine en casa” certificados por THX se puede activar (entre otras) la función de re-ecualización. Esto es así para restituir un balance tonal adecuado a las reducidas distancias de un salón de casa, mucho más pequeño que un cine; y donde nuestros altavoces están pensados para ofrecer una respuesta en frecuencia plana. En caso contrario el sonido originado en nuestras casas sonaría “brillante”, al estar originalmente creado para ser reproducido en un cine. [Esto es solo aplicable a las bandas sonoras producidas bajo el estándar ISO 2969].



Referente a la imagen:

Dos son las herramientas fundamentales para la comprobación de este apartado de la certificación THX: las cartas de ajuste para la definición (o lo que es igual, la nitidez de las formas junto con la minuciosidad de los detalles) y el fotómetro para la luz.

Prueba de intensidad luminosa:

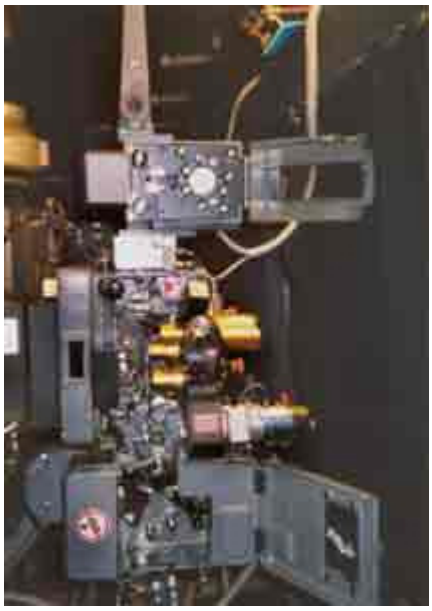
Desde el proyector se debe producir un flujo de luz constante y uniforme a lo largo y ancho de toda la pantalla. Como THX es un certificado estadounidense, establece la medida de la intensidad luminosa en unos valores no incluidos en el Sistema Internacional. Concretamente, lo expresa en unidades *foot- lambert*, donde 1 f-L equivale a 3,426 cd/m2 (candelas por metro cuadrado en el S.I.). Es importante no confundir la intensidad luminosa con otro tipo de mediciones como la luminancia (cuya unidad es el nit) o el flujo luminoso (cuya unidad es el lumen).

Exactamente, el THX permite una variación de esta intensidad luminosa en diferentes partes de la pantalla. En el centro se deben alcanzar los 16 f-L (54,8 candelas) con una variación máxima de ± 2 f-L. Los extremos de la pantalla (el 5% de la parte de arriba, abajo, derecha e izquierda) pueden tener una atenuación de un 75% con respecto al centro, es decir, unos 12 f-L.

Además, de una posible atenuación de la intensidad de las imágenes en la superficie de la pantalla, una pérdida de intensidad por debajo de los 10 f-L supondría perder cierta cantidad de definición de los fotogramas durante la proyección de la película.

Comprobación del tamaño de pantalla:

Se establecen las mediciones verificando el control en 6 puntos de toda la pantalla para el formato Panorámico (1,85:1) y el formato Scope (2,39:1).



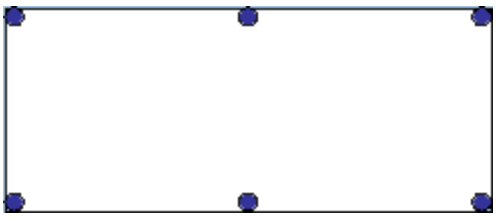
Lo ideal sería conseguir un paralelogramo perfecto, con todos sus lados paralelos dos a dos, lo cual es más difícil de conseguir según aumenta las dimensiones de la pantalla. Normalmente se encuentran pequeñas desviaciones geométricas que tienden a crear formas trapezoidales, pero casi imperceptibles (aunque algo más patentes en los títulos de crédito con scroll horizontal, rótulos etc.)

Con estas medidas, se evita la desvirtuación del encuadre original ideado por el director del film, de modo que el fotograma no debe perder más de un 3% de la información que contiene.

De este modo, durante la proyección en cualquier sala THX la imagen proyectada siempre deberá ocupar toda la superficie de la pantalla. O dicho de otro modo: nunca se observarán partes de la pantalla sin imágenes, puesto que o bien se adapta mediante cortinas o sistemas eléctricos de enrollamiento o bien se corrige desde la cabina de proyección.

Otro aspecto que regula la certificación THX relacionado con el tamaño de la imagen, es la ubicación centrada del proyector en la cabina, factor a tener en cuenta para evitar la pérdida de información y el ratio de aspecto original.

Los seis puntos donde realizan las mediciones a lo alto y a lo ancho, son:



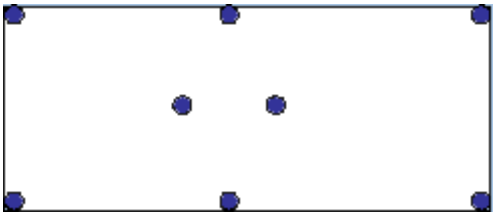
Comprobación de la resolución de pantalla:

Al igual que el anterior test, se toleran diferentes resoluciones según la zona de la superficie de la pantalla donde se realice la medición. En esta ocasión se establecen 8 puntos de control para los dos ratios más asentados en la exhibición actualmente: Formato Panorámico (1,85:1) y formato Scope (2,39:1).

La resolución en esta ocasión se determina por la habilidad del sistema para reproducir de forma separada grupos de líneas blancas y negras sin mezclarlas (sin formar un único tono gris); es decir, manteniendo el contraste entre el blanco y el negro. Por esta causa, se suele medir dicha resolución (focus) en líneas pares por milímetro.

Entonces, se establece que la resolución mínima alcanzada en el centro de la pantalla debe ser mayor o igual a 68 líneas por milímetro, 56 líneas/mm en los extremos y 40 en las esquinas.

En resumen, podemos decir que los dos aspectos que se contemplan en el concepto de definición de una imagen se encuentran tasados en la certificación THX. Nos referimos a **I)** la nitidez de las formas y **II)** el detalle reproducido, que se corresponden respectivamente, con la definición en el borde de las formas, y con el poder resolutivo.



Para finalizar, si al análisis de la intensidad lumínica y la definición (llamémosle, el “contenido” de la imagen) se le añade el respeto por el ratio de aspecto original (la “forma”) nos encontramos que se han abarcado las dos grandes áreas que están íntimamente relacionadas con la imagen proyectada. Si a esto le sumamos el cuidado de las condiciones acústicas de la sala y la calidad de los equipos generadores del sonido, resulta que todas las áreas relacionadas con la exhibición del soporte fílmico en salas comerciales están reguladas por la certificación THX.

3.7 LA TECNOLOGIA DEL SONIDO EN LAS SALAS DE CINE ESPAÑOLAS

Cuando pagamos por asistir al pase de una película en una sala comercial de cine, desembolsamos el dinero por mirar una pantalla y escuchar unos sonidos. Esto es así desde los inicios del séptimo arte, gracias a la música en directo de las orquestas. Pero este primer estadio se vio superado, sucesivamente, por el paso del sonido directo al diferido (grabado en diferentes soportes), la transformación de la banda sonora monofónica en multicanal y el salto del sonido analógico al digital.

De este modo, se ha ido afianzando la relación entre la sala de exhibición, las imágenes proyectadas y el sonido reproducido en ella. El recinto se tiene que adaptar a los requisitos de ambos elementos (ratios de aspecto, altavoces...) si quiere aprovechar todos los recursos que ofrece una buena película. Lejos quedan ya las barracas de feria donde se exhibía "*El regador regado*", ahora el espectador busca introducirse en un verdadero ambiente cinematográfico.

EL SONIDO ANALÓGICO

Con la posibilidad de registrar el sonido en un soporte para su posterior reproducción, el sonido analógico se fue perfeccionando hasta lograr unos resultados excelentes. Quizá el máximo esplendor lo alcanzara con la proyección en 70 mm. y sus 6 canales de sonido en pistas magnéticas. Pero la expansión de las técnicas de **Dolby**, impuso el sonido óptico sobre los demás.

Concretamente, en 1986 aparece el **Dolby SR** (*Spectral Recording*). Básicamente es un sistema de grabación para las bandas sonoras, dotándolas de mayor rango dinámico y definición. Mejora las prestaciones del anterior Dolby Stereo y su reductor de ruido Dolby A y mantiene las dos pistas ópticas, que contienen cuatro canales de sonido: tres detrás de la pantalla (izquierda, centro y derecha) y uno de ambiente o *surround*.

Actualmente es el formato estándar al que se recurre en caso de fallo momentáneo de la pista digital durante la proyección, ya que todas las copias vienen con esta pista de sonido. Además, en numerosas salas de nuestro país, se emplea todavía como fuente de sonido principal para sus proyecciones, especialmente en las de poco aforo (alrededor de 100 butacas o menores) y dedicadas a la exhibición de cine en versión original.

Así pues, el Dolby SR es, prácticamente, el último bastión del sonido analógico de **alta fidelidad** en España, sostenido principalmente por el pensamiento de que este tipo de films no necesitan tantos requisitos técnicos como las grandes películas "comerciales" y que el espectador que acude a estos cines no busca la espectacularidad de las grandes salas.

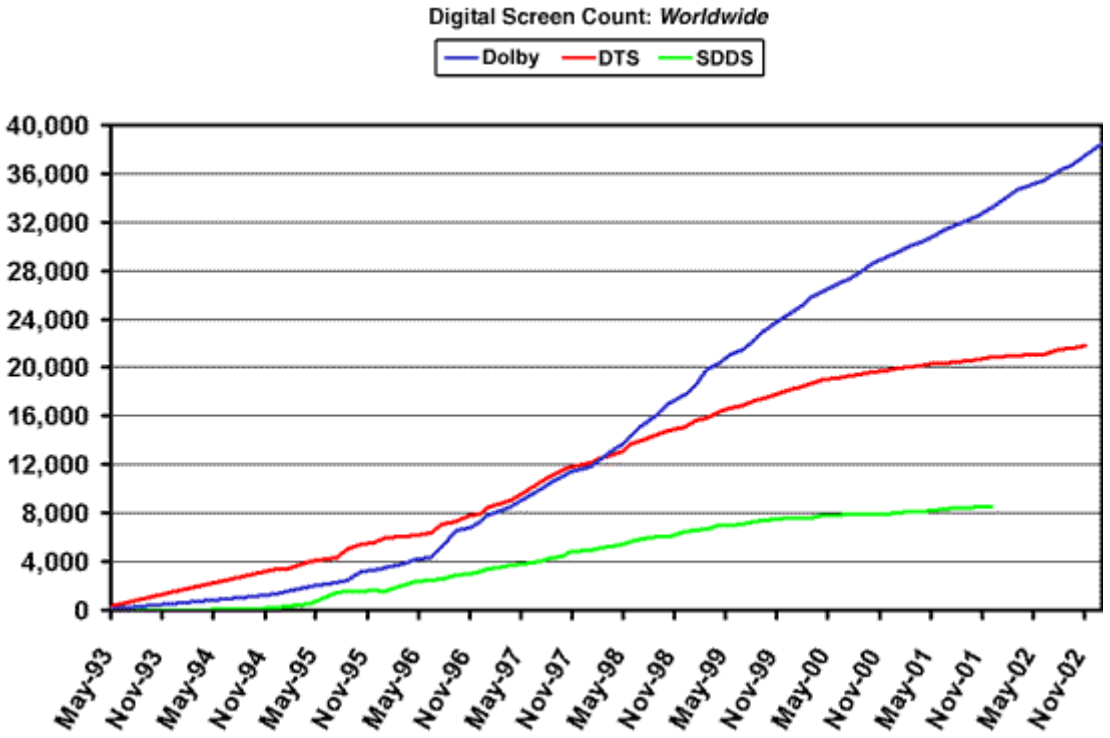
EL SONIDO DIGITAL

El cine no podía mantenerse al margen de la transformación digital que invade todos las actividades de la sociedad contemporánea y a principios de la década de los 90 se produjo el cambio definitivo en el sonido. Las ventajas son claras: mayor fidelidad, amplitud del rango dinámico, nitidez del sonido... ventajas que podemos disfrutar en nuestro país mediante los tres sistemas que se utilizan en el mercado internacional.

DOLBY DIGITAL

Actualmente, **Dolby Laboratories Inc.** es la referencia en el sector del audio reproducido mediante flujos de ceros y unos. Su producto estrella es el **Dolby Digital**, (inaugurado en 1992 con *Batman Returns*) que es el formato de sonido digital por excelencia en todos los cines del mundo ocupando más de 39.000 pantallas. Ofrece 6 canales de sonido independientes en configuración 5.1 (izquierda, centro y derecha; *surround* izquierda y derecha; y canal de subgraves) alojando su información óptica digital entre los 4 agujeros de arrastre de cada fotograma de la película de 35 mm.

El hecho de que no tenga compromisos con ninguna *major* hace que sus royalties sean los mismos para todas las productoras, por lo que todos los films vienen con una pista Dolby Digital. Además, los precios competitivos de sus equipos, la compatibilidad con la pista analógica y la calidad de su sonido han hecho que, con diferencia, sea el sistema utilizado en las salas españolas.



DTS

En 1993 con el estreno de *Jurassic Park*, Steven Spielberg y Universal lanzaron al mercado el primer competidor del Dolby Digital: el **Digital Theater System** (DTS). También ofrece 6 canales de sonido independientes en configuración 5.1, pero a diferencia del Dolby, el DTS almacena el sonido digital en CD-ROM's ajenos al celuloide, sincronizados con la película mediante una código de tiempo presente en un lateral de los fotogramas.

Este es el verdadero rival del Dolby ya que ofrece, en principio, un mejor sonido. Y es que el Dolby se diseñó como una forma de reducir la cantidad de datos digitales generados por el audio para transportarlos a la copia estándar. En cambio, el DTS se implementó como un sistema de codificación para mejorar la calidad del sonido con una mínima compresión. En este sentido, el DTS permite un mayor ancho de banda por el que fluye una mayor tasa de bits por segundo, lo que repercute en la mejora de la calidad del sonido en varios aspectos.

Pero aun así, los exhibidores no están dispuestos, por ejemplo, a gastarse cerca de 4.000 euros en el lector del código de tiempos del DTS. Además, este aumento de la calidad pasa desapercibido para el público mayoritario y por lo tanto, los exhibidores proyectan principalmente sus películas con el Dolby. No obstante el DTS, tiene presencia en más de 22.000 pantallas de todo el mundo y en EE.UU. goza de una enorme aceptación, al contrario que en España, donde pasa desapercibido.

SDDS

El **Sony Dynamic Digital Sound** (SDDS) es el sistema que menos presencia tiene en nuestros cines. Se estrenó en 1993 con la película *Last action hero* y está patrocinado por la Columbia Pictures de la multinacional Sony. Su principal ventaja está en ofrecer hasta 8 canales de sonido independientes, en configuración 7.1 mediante dos tiras ópticas en ambos lados del film. De este modo, detrás de la pantalla están el canal izquierdo, centro-izquierdo, centro, centro-derecho y derecho; y al igual que los otros sistemas, dos canales de sonido ambiente y uno de bajas frecuencias.

Evidentemente, es el más caro de instalar debido a los requerimientos que exige y por ello los exhibidores no se decantan por él, y si lo hacen, lo adoptan en una versión inferior que ofrece 5.1 canales como el DTS o el Dolby, resultando una calidad intermedia entre ambos y más susceptible de fallar durante la proyección. Además, muy pocas productoras ofrecen sus películas con una banda sonora en **SDDS 8** (casi exclusivamente la Columbia y TriStar) de modo que desde 1993 sólo se han estrenado en España 79 películas con SDDS 8 canales (la última fue Stuart Little II en julio de 2002).

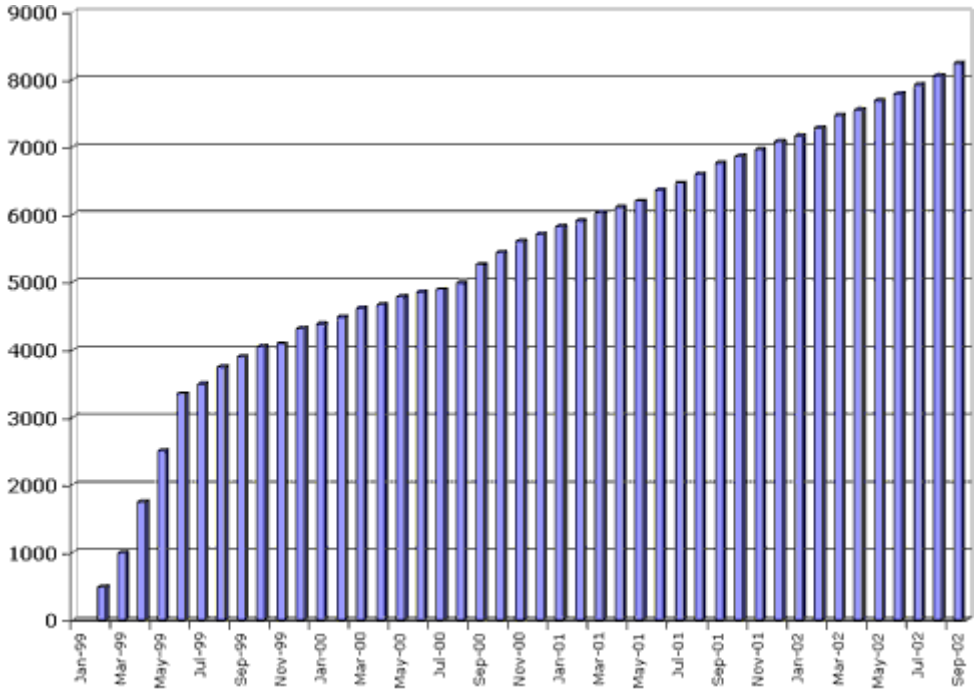
EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO DE LOS CINES

La situación del mercado de la exhibición cinematográfica española está marcada, cada vez más, por la gran diferencia entre las instalaciones de los nuevos complejos de cine (*megaplex*) y las salas veteranas. De este modo, el equipamiento y la calidad de los componentes varía sustancialmente de uno a otro.

En las salas que todavía ofrecen sonido analógico se suelen observar procesadores **CP45**, **55**, **65** y **200** que leen el Dolby SR sistema que, como hemos dicho, es actualmente el estándar para todas las copias de explotación de 35 mm, aunque también lleven pistas digitales. Los cines que se han actualizado al sonido digital cuentan con el adaptador **Dolby DA20**, que acoplado a cualquiera de los anteriores procesadores, reproduce el Dolby Digital 5.1 de las películas.

No obstante, el procesador de sonido cinematográfico más extendido para Dolby Digital es el **Dolby CP650** en las salas más recientes o aquellas que se han actualizado últimamente y el **CP500** para el resto de los cines modernos pero ya con años de funcionamiento. Entre ambos se han vendido más de 70.000 unidades en todo el mundo. La diferencia entre ellos, es la posibilidad de que el CP650 puede leer cualquier banda de sonido Dolby, ya sea analógica o digital (incluyendo el reciente Dolby Digital EX) y que está preparado para aplicaciones Ethernet.

Los cines que cuentan con el CP500 y han querido actualizarse al Dolby Digital EX han optado por adquirir el adaptador **SA10** que provee al procesador un tercer canal trasero *surround*, alcanzando el 6.1. Una vez acoplado, el empresario debe reformar la infraestructura de la sala pues esta configuración requiere cablear de nuevo y modificar la amplificación, con la consiguiente repercusión en los costes.



Por su parte, el DTS está presente en España mediante el procesador **DTS-6AD**, que incluye el lector de código de tiempos de la película a la vez que un procesador. Puede reproducir tanto sonido analógico como digital 5.1 y dispone de tres bandejas para CD-ROM's. Pero también existe otra solución que ahorra costes y es frecuente en las salas españolas: comprar alguna unidad **DTS-6D Playback System** con capacidad para leer el código de tiempo y reproducir los CD's y moverlo de una sala a otra según convenga. De este modo, se emplearía el procesador existente de Dolby de la sala en cuestión, aprovechando su entrada "*6 channel external decoder*" y alimentarlo con las señales DTS decodificadas por el DTS-6D.

Como ocurre con su gran rival, el DTS también cuenta con un nuevo modo, el **DTS-ES** (*Extended Surround*) para generar un tercer canal trasero y alcanzar el 6.1. Para poder ofrecer esta nueva configuración, hay que instalar el adaptador-decodificador *DTS-ES Decoder*, que en comparación con el SA-10, no se ha difundido de igual manera por nuestros cines.

Por último y en lo que respecta al SDDS, se pueden encontrar varias configuraciones. Sony comercializa dos procesadores de audio diferentes. El **DFP-D3000** es el último modelo comercializado y se encuentra, por tanto, en los nuevos complejos de exhibición. Sus descodificadores soportan todos los estándares de sonido analógico, así como los 8 canales digitales del SDDS mediante un interfaz común. Por otra parte, encontramos el **DFP-D2500** e incluso su versión anterior, la **2000**, normalmente en los cines que ya contaban con una instalación digital 5.1 y han querido actualizarla al 7.1 del SDDS 8, sin el añadido de la decodificación analógica que posee el DFP-3000. Ambos procesadores emplean el lector **DFP-R3000** para leer los datos digitales de las pistas ópticas de la copia de proyección.

TRATAMIENTO DEL SONIDO EN LAS SALAS

Como hemos visto, los tres sistemas de sonido digital son incompatibles entre sí y por lo tanto se hace muy caro para los propietarios de los cines disponer de varios sistemas y obtener una cierta flexibilidad en las proyecciones. Por ello, el estudio y el diseño del equipamiento de cada sala es fundamental para aprovechar lo mejor de cada uno.

En este sentido, destaca la rápida introducción en el mercado español del **Dolby Digital EX** gracias sobre todo al adaptador SA-10. Concretamente este formato de sonido o más bien, subformato, ya está implantado en más de 8.800 pantallas de todo el mundo, convirtiéndose en el producto que más rápido se ha introducido en la historia del cine. Concretamente en España, donde ya se han estrenado más de 50 películas mezcladas en EX, los empresarios se han decantado por su instalación en las salas de mayor capacidad (generalmente de más de 300 butacas). Sólo las grandes cadenas en sus más recientes complejos, apuestan desde el principio por el DD EX en sus todas sus salas.

Prácticamente ocurre lo mismo con el formato **DTS**, que está dispuesto principalmente en las salas con más aforo y tamaño de pantalla, ya sea instalando el sistema en su totalidad con el lector y el procesador o simplemente haciendo la preinstalación en todas las salas y llevar el equipo lector a la que interese (por el valor especial de una banda sonora, problemas con otros sistemas...) Exactamente igual sucede con el **SDDS 8**: salvo que se hayan instalado sus altavoces en todas las salas, las películas son las que tienen que "desplazarse" a la cabina adecuada y no al revés.

Otro punto destacado a tratar, es la cada vez más abundante presencia del certificado **THX** en los cines españoles. Es importante hacer notar que THX es un sello de calidad que otorga la empresa *LucasFilm Ltd.* a las mejores salas de cine del mundo que cumplen una serie de requisitos técnicos en la proyección de imagen y sonido, y nunca un sistema de sonido como el DTS o el Dolby.

De nuevo aquí nos encontramos con una gran diferencia entre los megaplex regidos por grandes cadenas exhibidoras y los pequeños negocios, debido al desembolso económico que supone construir salas THX o adaptarlas después de su construcción. Aun así, poco a poco es más fácil encontrar algunas salas acondicionadas THX dentro de algunos multicines y de nuevo, las que tienen más aforo y mayor tamaño de pantalla son las elegidas.

CONCLUSIÓN

A grandes rasgos, una magnífica instalación acústica, estaría compuesta por un sistema DTS-ES o Dolby Digital EX en una sala certificada THX y que además tuviera una generosa triamplificación para sus canales de sonido. Muy pocos cines en España poseen esta joya entre sus salas, pero es de desear que poco a poco se vayan implantando cines con estas características.

Sólo así, el negocio de la exhibición podrá aventajar a la incipiente amenaza del "cine en casa" y de la televisión digital, que apuestan por alcanzar un grado similar de espectáculo. Ante esto, ¿cuál será la respuesta de la industria del cine?. Sin un parque de salas adecuado a las características de las nuevas películas, no se asegurará una diferenciación (en cuanto a experiencia audiovisual) del cine con respecto a sus competidores. En ese panorama, todos los agentes implicados deberán actuar para garantizar al espectador, la superior calidad de los recintos cinematográficos.

3.8 IMAX: SONIDO
SOUND MAXIMIZATION

En el mundo IMAX, donde las cifras y los números son proclives a la confusión, quiero agradecer especialmente a **Arlenne Middlemiss** de *IMAX Corporation* y a **Brian Bonnick** , V icepresidente del área de Tecnología de *IMAX Corporation* su generosa colaboración.

LA EMPRESA

Todo lo relacionado con el sonido en IMAX tiene su origen en la empresa ***Sonics Associates*** , ubicada en la ciudad de Birmingham, en el estado de Alabama (EE.UU.). Es una subsidiaria del gigante de Toronto, *Imax Corporation* . Tal es la importancia que le otorgan a esta empresa, que en 1.999 Imax se aseguró su control total, comprando el 100% de las acciones. *Sonics* , entre otros desarrollos, interviene en las intalaciones audiovisuales de numerosos parques de atracciones y temáticos de todo el mundo, además de ser la propietaria del sistema de sonido en 3D IMAX, el llamado **PSE** , del nuevo sistema de automatización **DTAC** etc.

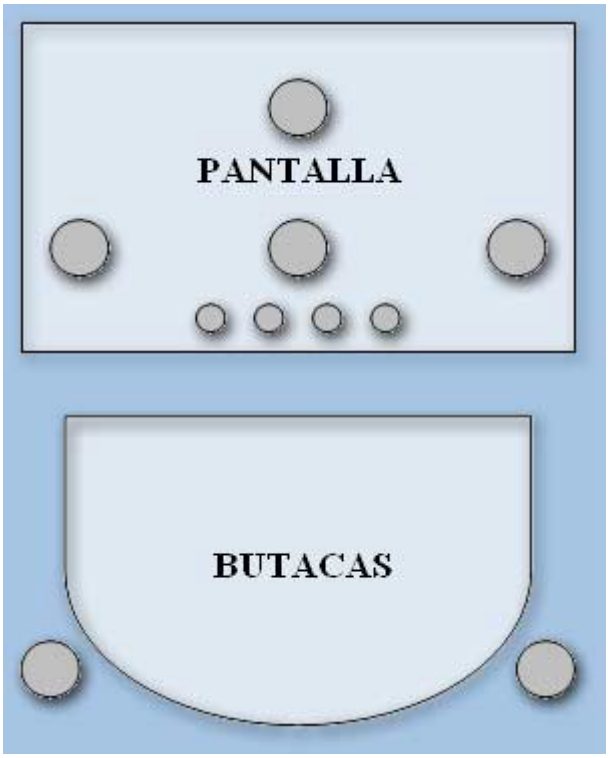
EL SONIDO EN LA SALA

El diseño de sonido en un cine IMAX parte desde el inicio con 6 canales totalmente independientes (*discrete channels*, que se diría en lengua inglesa), más la pista de subgraves que se saca de las frecuencias más bajas de todos ellos; es decir, un auténtico 6.1. Concretamente, en los cines IMAX se suele situar la frecuencia de corte del *subwoofer* en 80 Herzios; es decir, que todo sonido que tenga algún componente por debajo de esa frecuencia, será reproducido por el canal de subgraves.

Pero más lejos aun, el último desarrollo de *Sonics* , permite un canal de bajas frecuencias totalmente autónomo y no dependiente de los subgraves de las demás pistas; es decir, un 7.0 si se le quiere llamar así, aunque de momento nadie trabaja con él. Como vemos, la constante innovación y la apuesta por los más modernos avances en tecnología y creatividad, es uno de los rasgos del mundo *Sonics* -IMAX.

Por lo tanto, la primera novedad con respecto a la exhibición en 35 mm, la encontramos en la distribución de los canales por la sala. Y es que a diferencia del DTS ES y del Dolby Digital EX, el sexto canal no es un *surround* trasero (

back surround) sino que se ubica centrado detrás de la pantalla, en su parte superior (*top center*) y además, es un canal totalmente independiente (y no matricial como el ES-EX). De este modo la configuración queda así:



1. *Surround* izquierdo
2. Frontal izquierdo
3. Central
4. Frontal derecho
5. *Surround* derecho
6. Central superior

En IMAX Madrid, cada canal se reproduce con una sola caja acústica de tres vías (agudos, medios y graves) biamplificada (agudos y medios-graves) de aproximadamente un metro de alto. Por lo tanto, encontramos, una segunda novedad en estos cines: todos los canales, incluidos los *surround* pueden reproducir todo el rango de frecuencias (*full-range*).

En total, la máxima potencia de sonido alcanza los 18.000 watios, independientemente del formato IMAX de proyección. La pantalla IMAX y la OMNIMAX sólo comparten los *subwoofers* y los altavoces *surround* (y su amplificación); dicho de otro modo, cada pantalla tiene su propio juego de altavoces detrás de ella, desplazándose a la par. Por eso, contamos 24 amplificadores en la cabina de proyección: 2 amplis por 4 canales de la pantalla IMAX, más otros tantos para la OMNIMAX, más 4 *subwoofers* , más 2 *surround* biamplificados... igual a 24 amplis.

Por otro lado, debido a las peculiares características acústicas de las salas IMAX (gradas inclinadas 45º recogidas en forma de teatro romano, pantalla enorme etc), *Sonics* desarrolló un diseño basado en un sistema de altavoces denominado *Proportional Point Source* , algo así como “fuente de sonido precisa proporcional”. Según sus creadores, la colocación **PPS** de las cajas, garantiza la uniformidad en la calidad del sonido independientemente del lugar ocupado en la sala; el volumen, la direccionalidad, la claridad etc. son iguales para cada espectador.

Como podemos deducir de las líneas anteriores, la **capacidad creativa** de esta configuración de sonido, es mucho mayor que la que puede ofrecer el diseño de sonido de una producción sobre el clásico 5.1 en DTS o Dolby por ejemplo. Cambios de perspectiva vertical, uso del *surround* de forma alternativa etc. están al servicio de las producciones clásicas del IMAX y ahora, con el sistema DMR, también a las producciones de Hollywood. La ejemplar **re-**

masterización llevada a cabo de la mezcla original 5.1 de *Matrix Revolutions* a la configuración IMAX, es todo un ejemplo de la espectacularidad que se puede alcanzar: las escenas de la invasión del puerto de Sion por parte de los centinelas deja al espectador totalmente inmerso en la batalla.

Y más datos impresionantes que llevan al sonido a un estadio superior en IMAX: *Sonics* diseña las salas siguiendo la curva NC-25 (*noise criteria rating* o *background noise level*) es decir, unos 5 dB por debajo de la prestigiosa certificación THX, que permite llegar a la NC-30. De este modo, incluso durante los pasajes sonoros más débiles, la audición esta limpia de ruidos ajenos a la película.

Otro dato interesante viene dado por las pruebas del RT-60 (*reverberation time*) que miden el tiempo empleado por la sala en absorber las reverberaciones de un tono de 60 dB, una vez finalizada la emisión del sonido directo. Pues bien, en la región de los medios, la reverberación máxima que se puede alcanzar es de tan solo 0,8 segundos, cifra muy baja si se tiene en cuenta el enorme volumen cúbico que posee una sala IMAX, sobre todo si también dispone de pantalla OMNIMAX.

Por otro lado, también es espectacular el diseño de las cajas acústicas,

dotados de componentes fabricados según las especificaciones de *Sonics* , que tratan de evitar problemas de fase y dispersión. En este sentido, la peculiar forma de las salas IMAX ha permitido a *Sonics* diseñar una dispersión trapezoidal del sonido específica, más estrecha por arriba que en la parte inferior, lo cual redunda en una mejor perspectiva vertical en los espectadores (recordemos la existencia del canal *top center*).

Además, la típica forma de las salas IMAX, favorece el trabajo de los montadores de sonido, en el sentido que les facilita el trabajo con fuentes muy localizadas de sonido exclusivas de estos cines, imposibles de lograr en cines convencionales. En *Sonics* argumentan la enorme cantidad de tipos diferentes de salas de cine que existen por todo el mundo (en gradas, con palcos superiores, en pendiente etc.), donde solo es posible trabajar con la técnica de grupos de altavoces por campo sonoro (*multiple small surround speakers*) para conseguir un resultado homogéneo en todas las clases de salas. En cambio, en el mundo IMAX la configuración *point-source surround* , facilita el ajuste al 100% entre la mezcla original y el resultado perseguido en sala, además de unos efectos más espectaculares.

EL SONIDO EN CABINA

La producción de la banda sonora de un film IMAX suele finalizar en una cinta multipista digital, normalmente en las ocho pistas de un Tascam DA-88 a 16

bits; o en su sucesor, el DA-98 que sube a 24 bits. Posteriormente estas ochos pistas se mezclan en sistema multicanal 6.1 y se transfieren a los diferentes sistemas de reproducción analógico o digital.

El sonido analógico se transfiere a una cinta de 35 mm sin imágenes y con las seis pistas de sonido magnético. La sincronización se lleva a cabo con un fotograma de comienzo prefijado (*start*) y un punto señalado en la cinta de audio de 35 mm que se corresponde exactamente con el de la película de 70 mm.

Este es el sistema que se empleó de 1971 a 1988, fecha en la que *Sonics* desarrolló el sistema digital , llamado **DDP** (*Digital Disc Playback*). Consiste en tres CD's de audio normales, cada uno de ellos con dos canales de sonido

(1 y 5; 2 y 4; 3 y 6) reproduciéndose simultaneamente en un lector especial, sincronizado con la bobina de 70 mm. Como curiosidad, estos CD se pueden reproducir en cualquiera de nuestros hogares, ya que es audio PCM a 16 bits y muestreado a 44,1 Khz.

Posteriormente en 1.993 Sonics introdujo el sistema de sonido IMAX 3D con ocho canales, denominado *Personal Sound Environment* (PSE). La banda sonora se lanza desde cuatro CD's, uno más de los necesarios para enviar sonido estéreo a unos auriculares individuales que el espectador se debe poner. Estos cascos cubren todo el espectro a partir de los 100 Hz y están sincronizados con el resto de la banda sonora gracias a rayos infrarrojos rebotados desde la pantalla. Debido a la exigencia del sistema, muy pocas salas IMAX ofrecen esta posibilidad en las películas 3D ¿Alguien se imagina un OMNIMAX 3D con estos cascos puestos?

Y más aún: *Sonics* lejos de abandonar su espíritu innovador, ha desarrollado recientemente el sistema de automatización para salas **DTAC** (*Digital Theater Audio Controller*) que incluye un *software* de control integral y automático de numerosas funciones: trailers, diapositivas, regulación de luces... y sonido. Un sonido digital, fuera ya de las limitaciones típicas de los CD, como los 74 minutos de duración máxima; ahora, la señal de audio multicanal se lee directamente desde un DVD o desde un disco duro, todo integrado en el *software* del DTAC.

Concretamente, en **IMAX Madrid** , cuentan con una solución intermedia, a modo de actualización, también patentada por *Sonics* , que permite contar con lo último en prestaciones, sin renunciar a los equipos vigentes. Esta configuración se basa en el procesador **AE-1** , que incluye un lector DVD-ROM y un disco duro interno, gobernados por un ordenador de bolsillo Palm Pilot m-130 conectado via USB. Esta es la opción elegida por IMAX Madrid para poder proyectar las películas de Hollywood reconvertidas a

IMAX gracias al remasterizado DMR, y cuyo estreno tuvo lugar con *Matrix Revolutions* .

El sistema funciona del siguiente modo: cuando se recibe la banda sonora en DVD, se inserta en el lector DVD-Rom y se almacena en el disco duro, de donde es reproducida durante la proyección. Las pistas de sonido siguen siendo audio sin comprimir PCM, de momento, codificadas a 16 bits y muestreadas a 44,1 Khz como los CD's (es cuestión de tiempo que los de *Sonics* aumenten la calidad del estándar). Así, no hay limitación en el audio por la duración de la película, y aumentan las posibilidades de almacenar más pistas en el DVD con otros idiomas, por ejemplo.

En resumen y para la mayoría de las configuraciones de equipos IMAX, las seis pistas de audio (analógicas o digitales), una vez reproducidas se envian a una **consola de control multicanal** , donde se hace el ajuste fino particular de cada banda sonora (ecualización, niveles etc) a las condiciones de la sala. Finalmente, las señales tratadas se envian a sus amplificadores correspondientes y de allí a los altavoces oportunos.

3.9 Edición Doméstica de Audio Multicanal

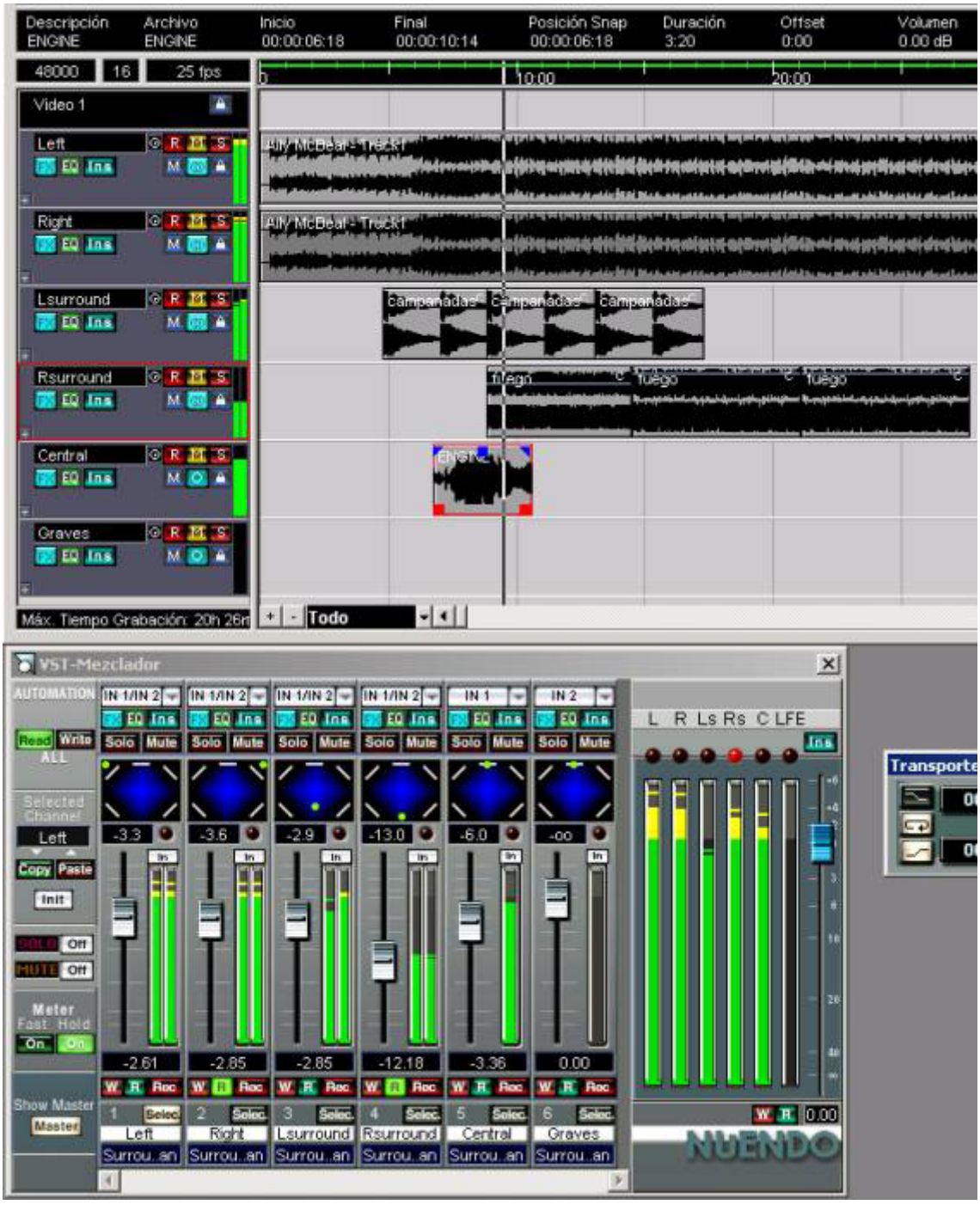
Ejemplos de Audio Multicanal.

Vamos a poner dos ejemplos muy básicos para empezar a editar en 5.1. El primero de ellos va a consistir en añadir una pequeña banda sonora y algún efecto de sonido a un clip de video. Con esto, lo que haremos será crear la base de un archivo de video con sonido multicanal 5.1 (bien Dolby Digital, bien DTS) para poder usarlo en una autoría DVD. El otro ejemplo consiste en crear una banda sonora para hacer un compact disc CD de música multicanal. Para estos ejemplo necesitaremos, aparte del Nuendo, el plug-in de Dolby Digital Encoder y el SurCode DVD Pro de Minnetonka, bien en versión plug-in o como programa directo. Ambos codificadores lo que hacen es crear un flujo de datos AC3 (Dolby Digital) o DTS partiendo de 6 ficheros wav, los correspondientes a cada uno de los seis canales.

2.1.1 DVD Video.

Lo primero que haremos será importar el fichero de video. Para ello vamos a Menú, Importar, Archivo de video. Seleccionamos el fichero .avi (o mov, mpeg, etc) en cuestión y se nos pondrá en la pista de video. Automáticamente, el audio correspondiente a ese video (si lo hay) se nos pondrá en la primera pista de audio, cambiando el icono si es monofónico o si es sonido estéreo. Si queremos ver la imagen de vídeo en una ventana aparte, pulsaremos F8.

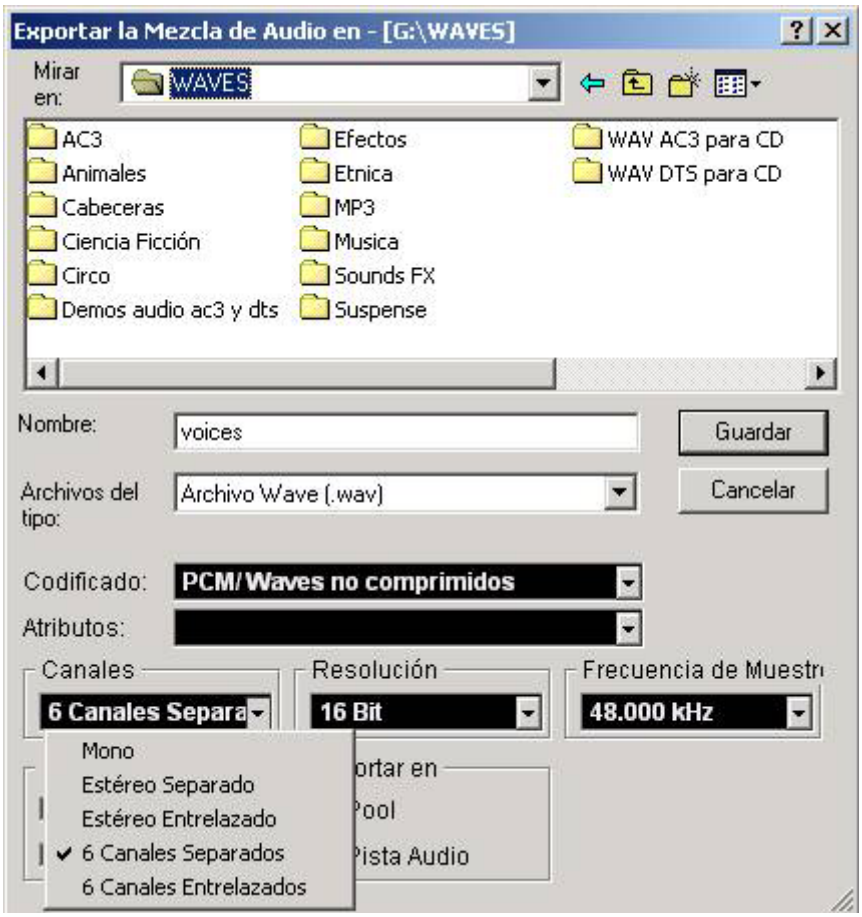
Posteriormente, del mismo modo indicado anteriormente, importaremos los ficheros de audio, tanto de efectos como de música, y los colocaremos en la pista que deseemos. Tan sólo nos quedará asignar los balances o la Panoramización acorde a nuestros gustos, para ello usaremos la ventana del Mezclador y la de Panoramización. Si pulsamos Play, escucharemos el sonido original mezclado con los sonidos que hayamos asignado, a través de los cinco altavoces, modificando valores y posiciones a nuestro gusto y en tiempo real.



En este ejemplo, he importado cinco pistas de audio, cuatro de ellas estéreo, y las he asignado a los distintos canales. He puesto la banda sonora en las pistas principales y los clips de efectos, en los canales surround, panoramizando según el efecto deseado (fijaros la posición del puntito verde en la ventana de Panoramización)

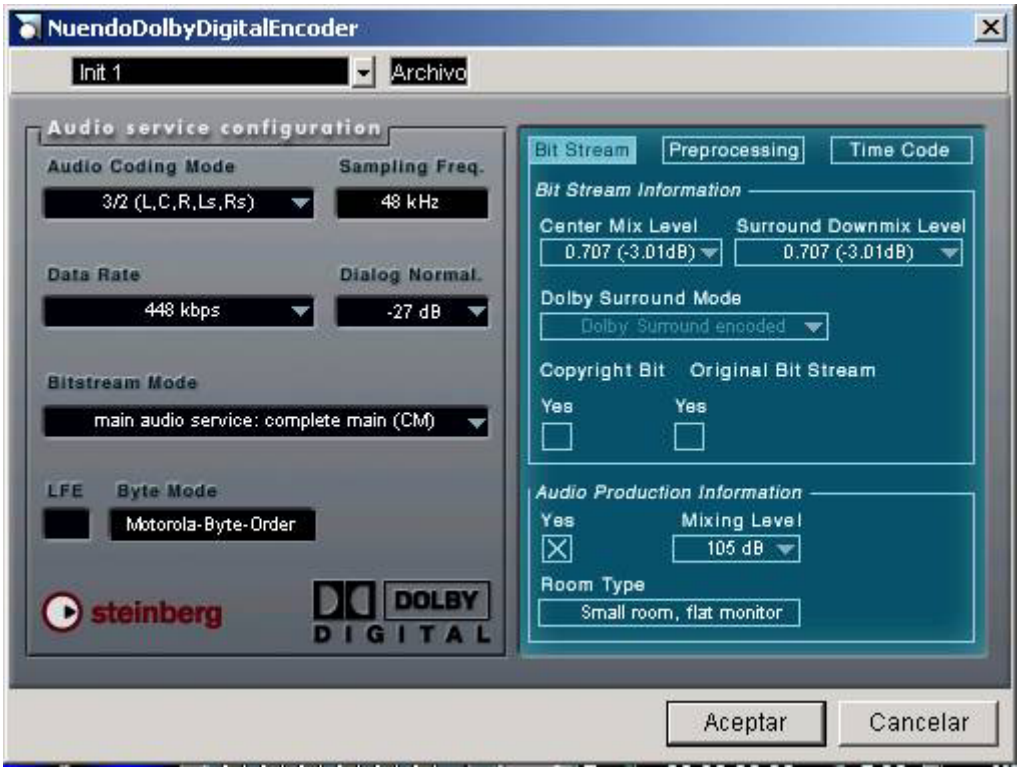
Como dije anteriormente, no me voy a extender debido a las múltiples combinaciones existentes para crear las pistas de audio deseadas. Una vez tengamos nuestro proyecto finalizado, tan sólo nos quedará exportar el audio. Tenemos varias opciones posibles, pero nos decantaremos sólo por dos:

- - Exportamos el proyecto como mezcla de audio en WAV PCM como seis canales independientes. Así obtendremos 6 pistas de audio en formato WAV para usar en cualquier programa codificador multipista.



- - Exportamos el proyecto como archivo Dolby Digital AC3 para usarlo directamente en nuestro programa de autoría DVD. Para ello debemos tener instalado el plug-in Nuendo Dolby Digital Encoder.

Lo seleccionamos y en la pantalla de configuración seleccionamos los siguientes parámetros:



- - Audio Coding Mode. Aquí podemos seleccionar desde monofónico (1/0) hasta los cinco canales (3/2). Lo dejaremos en esta última posición.
- - Sampling Freq. Lo dejamos en 48KHz, ya que es para autoría en DVD.
- - Data Rate. Tenemos desde 224kb/s hasta 640kb/s. A mayor flujo de datos, mejor calidad pero, por el contrario, el archivo es mayor. 384kb/s o 448kb/s suelen ser valores aceptables.
- - El resto de los parámetros, dejarlos como vienen configurados por omisión.

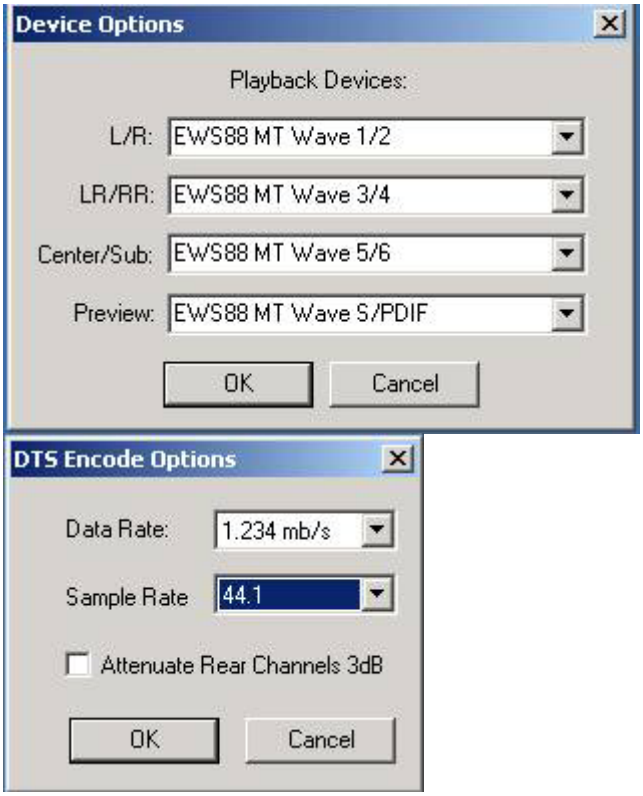
Una vez finalizado el render, obtendremos un archivo con extensión AC3 que será el que usemos, junto con el video mpeg-2, en el programa de autoría DVD.

2.1.2 CD-DTS.

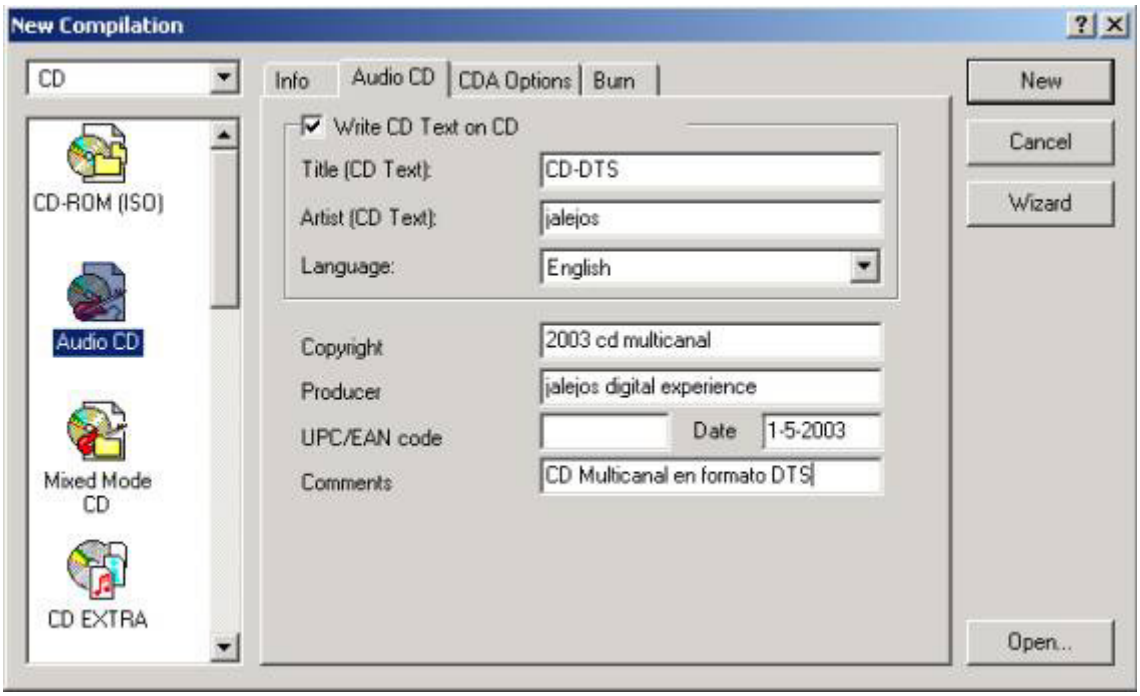
El llamado CD-DTS consiste en un disco compacto que puede contener hasta 74 minutos de música en formato multicanal codificada con un software de codificación en formato DTS. ¿Esto cómo es posible? Muy sencillo. Un disco compacto de audio consiste en un fichero wav (o cualquier otro) en formato PCM sin comprimir y con una frecuencia de muestreo de 44,1KHz a 16 bits de resolución y en estéreo (2 canales). Si usamos un programa de edición de audio y generamos 5 o 6 ficheros wav y estos ficheros los ponemos en un codificador CD-DTS (o Dolby Digital), obtendremos un nuevo fichero wav con una tasa de compresión de 1,5Mb/s con la misma estructura que un disco compacto de audio, pero con 5 o 6 canales. El proceso para crear un disco compacto multicanal es prácticamente el mismo que para crear una pista de audio para DVD. La única diferencia es que el audio ha de estar muestreado a 44KHz 16 bits, ya que se utiliza el mismo sistema de creación de un disco compacto de audio (CD-A). El fichero wav resultante lo usaremos con cualquier programa de creación de CD audio.

Seguiremos el mismo proceso usado anteriormente, hasta el punto en que exportamos el proyecto como mezcla de audio en WAV PCM como seis canales independientes. En este punto nos salimos del programas y abrimos el software de codificación CD-DTS SurCode DVD Pro de Minnetonka o SurCode CD Pro de Minnetonka. Cualquiera de los dos es válido. El primero te permite crear tanto CD como DVD, el segundo sólo CD.

Tendremos que hacer una pequeña configuración básica del software. Pulsamos **Options** y en **Device Options** seleccionamos o asignamos los canales de salida de nuestra tarjeta, tal como lo hicimos con el Nuendo (en mi caso con Terratec). Esta operación es opcional, ya que sólo nos servirá para monitorizar el audio con este programa. Si ya lo hicimos anteriormente con Nuendo, nos la podremos saltar. El siguiente punto es ajustar la frecuencia de muestreo a 44,1KHz para discos compactos de audio (para DVD a 48KHz) El flujo de datos se deja como está sin modificarlo.



El siguiente punto no tiene ninguna complicación. Tan sólo deberemos importar los 6 archivos wav que generamos con Nuendo, y que corresponden a los canales frontal izquierdo, frontal derecho, central, posterior izquierdo, posterior derecho y subgraves, a los canales correspondientes, poner el nombre de salida del fichero y ya está. Sólo nos queda pulsar **Encode** y obtendremos un fichero wav multicanal compatible con cd-audio que podremos tostar con cualquier programa de creación de cd-audio, como por ejemplo, el Nero y su preset Audio CD.



Una vez tostado el disco, tendremos un flamante CD-DTS con sonido multicanal. Como expliqué en la primera parte del tutorial, este CD sólo será reproducido en ordenadores con software compatible con DTS (WinDVD o PowerDVD en su última versión) y por reproductores de DVD con salida digital DTS conectados única y exclusivamente por su salida digital a un amplificador / receptor con descodificador DTS integrado. Si lo conectamos por las salidas analógicas, obtendremos un molesto ruido tipo soplido.

Existe otra opción, menos popular, que consiste en crear CD en Dolby Digital en lugar de DTS. El motivo es que el factor de compresión es mayor (su flujo de datos es menor) y, por tanto, su calidad "subjetiva" es inferior (símil entre wav PCM y MP3. ¿qué suena mejor?). La forma de hacerlo es marcando la casilla "**Guardar como archivo Dolby Digital Wave"** cuando vayamos a exportar a Dolby Digital. En lugar de crear un fichero AC3, nos creará un fichero WAV multicanal más comprimido que en DTS. Recordar poner la frecuencia de muestreo a 44KHz para CD.

2.1.3 Manejo de los Graves

Probablemente el mayor debate en la industria de la grabación Surround 5.1, es el manejos de los graves. El Surround 5.1 tiene un subwoofer, teniendo la opción de direccionar todos los sonidos graves en los cinco canales, mover todos los graves al subwoofer, o mezclarlos todos.

El diseño de los receptores multicanal domésticos nos permite manejar la dirección de los sonidos graves. Otros nos permite seleccionar el tamaño de los altavoces "large speakers" o "small speakers" para que maneje las bajas frecuencias en concordancia con los altavoces conectados. Algunos ingenieros de sonido, envían al menos, algunas señales de graves a todos los canales y permiten al descodificador redireccionarlos a la unidad de graves, dependiendo del ajuste individual del equipo.

Cuando codificamos en **Dolby Digital**, el canal LFE aumenta su ganancia en +10dB para cuando se reproduzca en el descodificador. Esto nos permite manejar unos graves más profundos durante la reproducción. Hay que tener en cuenta que estos +10dB de este canal se pueden sumar a los graves añadidos a los otros 5 canales y que, si son direccionados al altavoz de subgraves, obtendremos una ganancia superior a +20dB o más del nivel que teníamos estipulado inicialmente para cada altavoz.

Durante la grabación, es conveniente tener el mando de control de ganancia del subgraves puesto a +10dB con respecto a los otros cinco altavoces, así escucharemos el sonido que se reproducirá en los equipos domésticos una vez realizada la mezcla.

Nota: Si codificamos en DTS, o hacemos autoría para DVD-Audio (próximo tutorial dentro de algunos meses) la señal LFE no se ve aumentada en +10dB durante la reproducción. Por tanto, cuando hagamos las mezclas para DTS, el mando de control de la unidad de graves lo pondremos en la posición unitaria. En resumen, que necesitaríamos hacer dos mezclas (o remezclas): una para Dolby Digital, y otra diferente para DTS, o DVD-A.

Capítulo 4. Producción de los Documentales

4.1 Elección de los temas

Para la Edición de los documentales, primero se tuvieron que elegir los temas más interesantes y apropiados para representar.

Se vio que la importancia de los nuevos formatos DVD-A y SACD requería de estudio y explicación, ya que pretenden situarse como referentes en el mundo del Audio. Un tema novedoso no tratado anteriormente y que requería un estudio y puesta al día de formatos que en un par de años han dado saltos de gigante y que están experimentando un crecimiento muy rápido. De ese modo era interesante describir ambas tecnologías así como su lucha mediática para convertirse en la referencia del mundo audiófilo y hacerse un hueco en el mercado.

Por otra parte, dentro del apartado dedicado al sonido envolvente, también se creyó de vital importancia describir los formatos 5.1 que plagan la mayoría de hogares españoles, su evolución, avances y mejoras, el descomunal descenso de los precios, así como las grandes diferencias con sus homólogos profesionales.

4.2 Selección del Material

Para seleccionar el material empleado en la edición se recurrieron a innumerables fuentes. Rastreo de la red, archivos filmográficos y de video, páginas técnicas, páginas de fabricantes, etc...

En la casi totalidad de los casos se tuvieron que editar las imágenes y fotogramas del proyecto para crear imágenes de alta resolución y una excelente densidad de color, para ello se utilizó el Adobe Photoshop 7.0.

Se utilizaron videos descontextualizadores de Documentales referentes a los planetas, carrera del espacio, la tierra, etc..

Se hizo una selección de archivos de audio que se pudieran emplear como sonido ambiental de los cortos, se usaron discos tales como Hotel Costes 4, Hotel Costes 5, Hotel Costes 6, Buddha Bar Dinner, Buddha Bar Party, Les Bains Duches Restaurant, Les Bains Duches Dancefloor, etc...

4.3 Hardware Empleado205

Para una óptima y perfecta edición de los documentales se utilizó el siguiente equipo:

-Ordenador Centrino 1,4 GHz, 1024MB RAM, Tarjeta Gráfica familia Nvidia, Lector/Grabador DVD-R/RW
-Mesa de Mezclas Vestax PMC-15 mkII

-Micrófono dinámico MS LM 101
-Auriculares Sennheiser HD-25
-Amplificador Myryad MI120
-Monitores Sonus Faber Concerto
-Cámara MiniDV Canon MV400
-Cámara Fotográfica Digital Pentax 430

4.4 Software Empleado

De igual modo, se describe la lista de componentes empleados para el proceso completo de edicion, desde la obtención de las imágenes hasta el disco final.

Adobe Premiere 7.0 (Edición de Video)
Adobe Photoshop 7.0 (Edición de Imágenes Fijas)
Adobe Audition 1.0 (Edición de Audio)
Nero Burning Rom 6Ultra (Grabación)
Estensión Nero Vision (Edicion Interactividad DVD)
DVD Shrink 1.6 (Captación DVD)
Music Match Jukebox 8.1 (Captación CD Audio)
Canon ScanGear 2.2 (Captación Imágenes)
Kazaa Lite K++ (obtencion archivos P2P)
Emule V.042D (obtención archivos P2P)

4.5 Descripción del desarrollo de la Producción

Primera fase: Se obtiene y selecciona todo el material teórico y gráfico a plasmar en imágenes o videos.
Segunda fase: Se crean o retocan las imágenes fijas con el Photosop 7.0, se establece una resolución mínima de 800x600 y 24bits de densidad de color.
Los videos de origen DVD se transforman a *.avi con la extensión Nero Vision.
Los videos *.avi se seleccionan, cortan, y modifican con el Premiere.
Los archivos de Audio se editan con el Adobe Audition.
Se crean diferentes títulos, fijos y móviles, con el Premiere.
Se escriben los guiones previos para ajustar los tiempos en la edición del video.
Tercera fase: Se editan los Videos con todo el material anterior, excepto el audio.
Cuarta fase: con la parte de video ya producida, se escriben los guiones finales.
Se graba el audio de locución de los documentales utilizando el micrófono, la mesa y el Adobe Audition, todo ello, visualizando el video ya editado.
Se limpia y masteriza el audio locutado. Y se recortan los fragmentos en tiempos entre 10-30 segundos, para poderlos ajustar al video.
Quinta fase: Se editan los videos finales con el audio locutado y los archivos de audio ambiental.
Sexta fase: Se editan los Menús de los DVDs, con imágenes, video y audio, se utiliza el premiere.
Séptima fase: Se preparan los menus de títulos del DVD y la interactividad con los capitulos, con el Nero Vision.
Se procede a grabar el master final con el Nero.
Se verifica el contenido

4.6 Descripción de los Documentales

4.6.1 Tecnología SACD

Resolución: PAL 720x576
Duración aprox. 11 min.

Se describe el paso CD-SACD, así como las diferentes tecnologías que incorpora el SACD

4.6.2 Tecnología DVD-Audio

Resolución: PAL 720x576
Duración aprox. 9 min.

Se muestra la familia DVD, se comentan las especificaciones DVD-Audio, protección de Copia, etc.

4.6.3 SACD vs. DVD-Audio

Resolución: PAL 720x576
Duración aprox. 7 min.

Se trata la guerra mediática de ambos formatos así como sus principales diferencias y similitudes.

4.6.4 Sonido Envolvente. Doméstico y profesional (cines)

Resolución: PAL 720x576
Duración aprox. 10 min.

Se comentan brevemente las diferentes tecnologías, se compara un sistema doméstico con uno profesional.

NOTA: Adicionalmente, a parte de los 4 documentales, se incluye una selección de tráileres, de formatos de sonido envolvente, que se han mostrado en salas cinematográficas, Dolby, DTS, SDDS, y THX.

Bibliografía

Tegnología Básica del Sonido I, Ignasi Cuenca, Eduard Gómez.
Tecnología Básica del sonido II, Ignasi Cuenca, Eduard Gómez.
Principles of Digital Audio and Video, Arch C. Luther.
Noise Reduction, Beranek.
Audio digital, John Watkinson.
The Art of Digital Audio, John Watkinson.
Principles of Digital Audio, Ken C. Pohlmann.
Audio-Ciclopedia V.I, Howard M. Tremaine.
Audio-Ciclopedia V.II, Howard M. Tremaine.
The Compact Disc Handbook, Ken Pohlmann.
H. Contemporary Logic Design, Randy Katz.
CD-ROM Mantenimiento y reparación. Ed. Paraninfo 1992
DVD Authoring and Production, Ralph LaBarge.
A Technical Introduction to Digital Video, Charles Poynton.
Digital Video and HDTV, Charles Poynton.
Video Demystified, V.3 ed, Keith Jack. .
MPEG-2, John Watkinson.
Digital Video: An Introduction to MPEG-2, Barry G. Haskell y Arun N. Netravali.
CD-R/DVD Disc Recording Demystified, Lee Purcell.
http://www.howstuffworks.com
http://compuconsejos.servidores.net/cdroml.html
http://grabadoras.tripod.com/
http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/otherformats/95x9.htm
http://www.cd-info.com
http.//www.duiops.net/hifi/digital.html
http.//www.opticaldisc-systems.com
http.//www.polyfusionaudio.com
http.//www.ecst.csuchico.edu
http.//www.disctronics.co.uk
http.//www.dvdforum.com
http.//www.rogernichols.com/DAEQ.html
http.//www.daisy-laser.com
http.//www.bydeluxe.com
http.//www.dvdcreation.com
http.//www.enjoythemusic.com
http.//www.canadapromedia.com/articles/sacd/sacd.htm
http.//www.club.idcnet.com
http.//www.audio.lukar.net
http.//www.fanny18.de/sites/trailer.htm
http.//www.film-tech.com
http.//www.hometheatherweb.nl
http.//www.thedvdexperience.online.fr/dossiers
http.//www.tucineencasa.com
http.//www.audiolav.com/noticias/thx/thx2.htm
http.//www.garrard501.com
http.//www.houpse.nl
http.//www.pcavtech.com
http.//www.highfidelityreview.com

http.//www.cinenow.com
http.//www.wendycarlos.com/gosurround.html
http.//www.whatvideotv.com/articles
http.//www.cinemaequipmentsales.com
http.//www.wordreference.com
http.//www.webster-dictionary.org
http.//www.freetranslation.com
http.//www.superaudio-cd.com
http.//www.sony.com
http.//www.sony.net
http.//www.meridian.com
http.//www.hdcd.com
http.//www.xrcd.com
http.//www.onkyo.com
http.//www.pioneer.com
http.//www.philips.com
http.//www.dolby.com
http.//www.dtsonline.com
http.//www.thx.com
http.//www.philips.com
http.//www.denon.com
http.//www.google.com
http.//www.yahoo.com

Conclusiones

Mi tutor me brindó la oportunidad de poder realizar el proyecto que yo quería, mi idea era profundizar en temas, que como aficionado al Audio de Alta Calidad, conocía de una manera más vanal, pero que tenía un gran interes de conocer en toda su extensión. He aprendido el funcionamiento del SACD y DVD-Audio, sus similitudes y diferencias, asi como sus aplicaciones y las empresas que los apoyan, aunque debo reconocer que es una verdadera lástima que no existiese el acuerdo similar que con el CD, y todos los fabricantes hubieran potenciado un teórico formato conjunto, mucho más potente que los dos que ahora compiten por la supremacía, y que seguro se hubiera impuesto rápidamente.

De otra parte, he podido darme cuenta que los dos formatos (visto el enfrentamiento entre ellos) han decidido ir volcándose parcialmente hacia sectores del audio. Por una parte, el SACD se decanta para el lado purista, audiófilo y clásico, con prioridad por la música estéreo y calidad de ésta, dejando un poco de lado el multicanal y los contenidos adicionales (es decir, los adornos a la música). Por su parte, el DVD-Audio quiere concentrase en los millones de usuarios Home-cinema y aprovechar sus equipos multicanal (cada día mas numerosos) para audio de alta calidad, ofreciendo a su vez multitud de contenidos adicionales e interactivos (es decir, buscando la espectacularidad). La respuesta del mercado, no se ha hecho esperar, mientras los artífices del SACD (caso de Sony) y los del DVD-Audio (caso de Meridian), únicamente optan por aparatos compatibles con los de su “familia”, rápidamente, otros fabricantes de reproductores (y cada vez más) comienzan a lanzar aparatos multiformato que puedan reproducir ambos sistemas. Esta es hoy por hoy la apuesta más sensata.

Como formatos futuros vemos que ambos bandos empiezan a apostar por los discos de tecnología de láser azul, una tecnología superior a las existentes, utilizando el límite óptico conocido, y con un nivel de integración de datos impensable hace escasos años. El formato en si ya tiene prototipos disponibles de hasta 80GB por disco, aunnque por ahora solo se utilizan para HDTV (TV de Alta Definición).

De lo que ha sonido envolvente se refiere, pasa algo parecido que en el Audio de Alta definición. Pasa, queval no haber consenso se reduce el potencial del producto, por lo tanto, si los DVDs corrientes no tuvieran la obligación de incorporar Dolby Digital (cuando se creó el DVD Forum lo estableció como estandar), la pista DTS podría tener su mínima compresión (Ahora se pierde la mitad del potencial) y de este modo una mayor calidad para el disfrute del usuario. Pero, por supuesto, Dolby es una empresa con mucha repercusión mundial, y ni ella ni DTS van a hacer ningún acuerdo al respecto (Que si hubieran planteado un novisimo formato conjunto, de seguro sería mucho mejor que los actuales)

También he podido constatar el poderío de THX en el mundo del cine y sonido envolvente, y lo mas sorprendente es que ni siquiera es un sistema de codificación de sonido, nada mas que unas cuantas normas específicas que

hay que superar. Todas las certificaciones requieren una gran inversión por parte de los fabricantes para abonar las tarifas abusivas (ya que es un monopolio) a la todopoderosa THX, pero eso sí, aporta un cierto "caché" a todos los productos y salas cinematográficas que incorporan el distintivo "THX". Además de todo esto, THX está provisto de un marco legal infranqueable que no permite que salgan a la luz sus innumerables secretos (obliga a la firma de documentos sancionadores de obligación de privacidad)

Para concluir diré que en todo este mundo, el del Audio Digital, Sonido Envolvente, y Audio en general, la lástima es que lo más importante siempre sean los intereses comerciales, y no los intereses del consumidor, por ello estamos obligados a no poseer una tecnología más sólida y eficaz y tener que debatirnos en un mar de dudas para ver que formato o formatos vamos a utilizar, y de todos modos, obligados a elegir entre lo que nos ofrecen.